

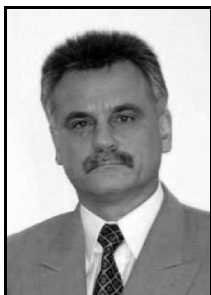
**Zdzisław KOWALCZUK, Michał CZUBENKO**

KATEDRA SYSTEMÓW DECYZYJNYCH, WYDZIAŁ ELEKTRONIKI, TELEKOMUNIKACJI I INFORMATYKI, POLITECHNIKA GDAŃSKA, Narutowicza 11, 80-233 Gdańsk

**Diagnostyka antropoidalnego systemu decyzyjnego****Prof. dr hab. inż. Zdzisław KOWALCZUK**

Prof. dr hab. inż. (2003, 1993, 1986, 1978). Związany z Wydziałem Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki PG, gdzie jest profesorem zw. Automatyki i Robotyki oraz szefem Katedry Systemów Decyzyjnych. Teoria sterowania, adaptacja, identyfikacja i estymacja, diagnostyka, przetwarzanie sygnałów, sztuczna inteligencja, inżynieria sterowania i informatyka. Kilkanaście książek (WNT, Springer, PWNT), 80 artykułów, 300 referatów (600 cytowań, wsk. Hirscha = 9). Nagrody MEN (1990, 2003).

e-mail: kova@pg.gda.pl

**Mgr inż. Michał CZUBENKO**

W 2009 roku uzyskał stopień magistra inżyniera w Katedrze Systemów Decyzyjnych na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej z dziedziny Automatyki i Robotyki. Od tego czasu rozpoczął dalszą edukację w Katedrze Systemów Decyzyjnych, gdzie spełnia się jako nauczyciel akademicki. Interesuje się systemami sterowania, zarządzania, sztuczną inteligencją, robotyką, psychologią, grą na gitarze oraz szachami.

e-mail: m.czubenko@gmail.com

**Streszczenie**

W niniejszej pracy rozważa się zagadnienie błędów możliwych do wystąpienia podczas przetwarzania informacji w systemie podejmowania decyzji opartym na antropogenicznym modelu psychologii. Wyszczególnione zostały miejsca występowania błędów i ich typy, a następnie przeanalizowano możliwości zapobiegania błędom poprzez wprowadzenie sprzężenia zwrotnego do podległych modułów. Wykazano także, że dzięki możliwości auto-nauczania system dąży do eliminacji wszelkich pomyłek.

**Słowa kluczowe:** inteligentny system decyzyjny, robot autonomiczny, sztuczna inteligencja, kategoryzacja.

**Diagnostics of anthropogenic decision-making system****Abstract**

The paper gives an account of research results concerning a project of creating a fully-autonomous robotic decision-making system able to interact with its environment, and based on a mathematical model of human cognitive-behavioural psychology with some elements of personality psychology included. The basic idea of this paper is focused on the concept of possible errors in an intelligent robot control system. The system is a composed result of constructing an Intelligent Decision-making System (IDS) based on several recently developed ideas concerning an interactive cognitive-behavioural organism (Artificial Intelligence and Soft Computing, 2010), a fundamental model of human psychology and an IDS system (MMAR, 2010; Applied Mathematics and Computer Science, 2011) for controlling autonomous robots. Principal notions of IDS (Data-processing system based on cognitive psychology, along with the locations of possible errors), conceptions of discovery (object) and (long-time) memory are introduced. Then the heart of IDS, a personality (emotional) system which consists of systems of emotions and needs (based on the Maslow's theory/pyramid and a fuzzy model of needs), is presented. Furthermore, the paper shows what kind of errors can appear and what are their locations in IDS. Methods of avoiding these errors are also indicated.

**Keywords:** decision-making systems, autonomous robots, artificial intelligence, categorization.

**1. Wprowadzenie**

Robotyka koncentruje się na wytwarzaniu coraz to bardziej zaawansowanych maszyn, które mają zastosowanie wszędzie tam, gdzie istnieje zagrożenie życia człowieka. Np. kopalnie, gruzowiska, miejsca katastrof nuklearnych itp. Wśród wielu opracowanych metod rozwiązania problemu sterowania na odległość można wyróżnić transmisję przewodową (światłowodowy), bezprzewodową oraz bezprzewodową z pośrednikami.

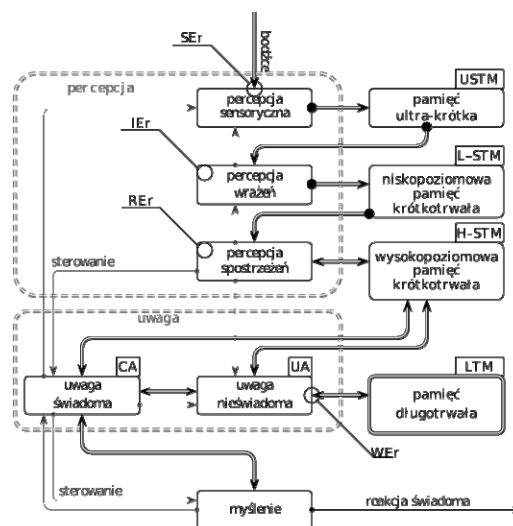
W przypadku terenów niestabilnych (np. osypiska, wulkany, albo teren wrogiego państwa) transmisja przewodowa narażona jest na przerwanie. Transmisja bezprzewodowa jest z reguły dedykowana dla konkretnej sytuacji (np. kodowanie MB-OFDM w przypadku kopalń [16]), a w głębiach morskich oraz na terenach silnie zabudowanych jest czasami wręcz niemożliwa (np. rowy oceaniczne, labirynty w schronach wojskowych). Stosuje się

autonomiczne moduły mające na celu przywrócenie transmisji (np. zmiana częstotliwości, kierunku anteny, położenia robota itp.). Innym rozwiązaniem są semi-autonomiczne roboty dedykowane do odpowiednich zadań i środowisk [5].

Adaptacja środowiskowa oparta jest głównie na cybernetyce. Wykorzystywane są takie metody jak: sieci neuronowe, logika rozmyta, algorytmy genetyczne, algorytmy roju, itp. Główna myśl niniejszej pracy polega na zwróceniu szczególnej uwagi na błędy w sterowaniu opartym na psychologii organizmów żywych, a w szczególności – na psychologii człowieka [8].

Istnieje wiele projektów dotyczących sposobu sterowania opartego na ludzkim zachowaniu, a zwłaszcza na psychologii człowieka. Warto tu wymienić FLAME czy EMA, które oparte są one obliczeniowych modelach emocji – nie są to jednak systemy w pełni autonomiczne, gdyż ich poprawne działanie ograniczone jest do w pełni zdefiniowanego środowiska [6, 4, 15].

W naszym podejściu i tak jak w naturze, emocje traktowane są jako system wspomagający podejmowanie decyzji, działający głównie w celu zapobiegania popełnianiu błędów. Podstawą omawianego systemu są potrzeby, oparte na piramidzie Maslow'a [13, 10] (system identyfikacji problemu), oraz model psychologii poznawczej człowieka (ścieżka przetwarzania informacji) [8].



Rys. 1. System przetwarzania danych oparty na modelu psychologii poznawczej wraz z wyznaczonymi miejscami występowania możliwych błędów

Fig. 1. Data-processing system based on a model of cognitive psychology, along with the locations of possible errors

**2. Model systemu decyzyjnego**

Psychologia jest dziedziną zajmującą się szeroko pojętymi mechanizmami związanymi z ludzkim zachowaniem. Wśród wielu

dziedzin należy wspomnieć przede wszystkim o psychologii: behawioralnej, językowej, kognitywistycznej, społecznościowej i osobowości. Model Inteligentnego Systemu Decyzyjnego (IDS - *Intelligent Decision System*) nie może być oparty na wszystkich dziedzinach z zakresu psychologii, dlatego wybrane zostały tylko jej dwa aspekty: osobowościowy i kognitywny. Aspekt kognitywny odpowiada drodze obróbki danych, natomiast aspekt osobowościowy – teorii motywacji (identyfikacja problemu i rozwiązania).

## 2.1. System przetwarzania danych

Podejście poznawcze do procesu podejmowania decyzji postuluje, aby wiedza będąca podstawą decyzji nie była jest tworzona za pomocą pasywnego gromadzenia i przechowywania danych, ale poprzez aktywne ich przetwarzanie. Oznacza to, że procesy poznawcze człowieka i ich struktury stanowią podstawę modelowania procesu podejmowania decyzji robota autonomicznego. Na procesy poznawcze składają się następujące elementy:

- percepcja sensoryczna
- percepcja wrażeń
- percepcja spostrzeżeń
- uwaga świadoma
- uwaga nieświadoma
- pamięć
- myślenie.

Ścieżka informacji zaczyna się od receptorów, które zapisują odebrane bodźce (głównie ich amplitudę) w postaci odpowiednio zakodowanej w pamięci ultra-krótkotrwałej (USTM – *UltraShort Time Memory*) przez percepcję sensoryczną. Informacje przetwarzane są do postaci wrażeń (proste cechy wykryte w przestrzeni), poprzez percepcję wrażeń oraz zapisywane w niskopoziomowej pamięci krótkotrwałej (L-STM – *Lowlevel-Short Time Memory*). Dalszy etap stanowi przetwarzanie wrażeń do postaci spostrzeżeń (grupy wrażeń powiązanych ze sobą), odbywające się przy udziale percepcji spostrzeżeń. Proces tworzenia spostrzeżeń przez ścieżkę poznawczą jest procesem odbywającym się z dołu do góry (*Bottom-Up Process*), polegającym głównie na grupowaniu wrażeń na podstawie ich pozycji w przestrzeni. Następnie spostrzeżenia porównywane są z zawartością pamięci krótkotrwałej wysokiego poziomu (H-STM – *Highlevel-Short Time Memory*) tak, aby rozpoznać w spostrzeżeniach zapamiętane wcześniej obiekty.

Za wyszukiwanie kontekstowych obiektów, adekwatnych do danych spostrzeżeń, odpowiedzialna jest uwaga nieświadoma (UA – *Unconscious Attention*). Proces przebiega od góry do dołu (*Top-Down Process*). Przy braku odpowiedniego obiektu w pamięci, wysłany jest sygnał CNO (*Create New Object*) do uwagi świadomej, która zapisuje ów obiekt jako nowy, wraz z odpowiednim kontekstem motywacyjnym (adekwatna potrzeba i chwilowy stan emocjonalny) oraz nazwą wytworzoną w procesie myślenia. Jednocześnie poprzez przetwarzanie dostępnych spostrzeżeń uwaga nieświadoma monitoruje informacje (skojarzone z obiektami) mające wpływ na system potrzeb. Dzięki temu stany potrzeb aktualizują się w kontekście środowiska. Następnie zaktualizowane potrzeby trafiają poprzez uwagę świadomą (CA – *Conscious Attention*) do modułu odpowiadającego za myślenie, czyli za wybranie reakcji, adekwatnej do motywacji (rys. 1).

### 2.1.1. Wstępne przetwarzanie informacji

Za właściwie przygotowanie zakodowanej informacji odpowiedzialny jest system percepcji. Klasykzna psychologia poznawcza wyróżnia percepcję sensoryczną oraz postrzeganie [12], jednakże ze względu na różne formy kodowania, percepcja, w niniejszej pracy, została podzielona na trzy części. Z analogicznych powodów została również podzielona pamięć krótkotrwała.

**Percepcja sensoryczna** jest odpowiedzialna za odczyt surowych danych pobranych z odpowiednich sensorów. Jest to pierwsze miejsce, w którym może wystąpić przekłamanie informacji. Możliwe jest wystąpienie dwojakich błędów (Ser - *Sensory*

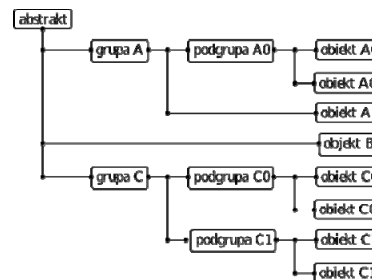
*Error*): błędu informacji, w przypadku źle odczytanego bodźca (błąd sensora), oraz błędu czasowego, gdy bodziec zostanie odczytany, jednakże w niewłaściwym czasie. Błąd czasowy jest ściśle związany ze sposobem zapisu informacji. Surowe dane są bowiem zapisywane w prostej pamięci (USTM), przypominającej pamięć przerzutnikową. Pamięć ta ma specyficzną właściwość szybkiego nadpisywania nieaktualnych danych.

**Percepcja wrażeń** jest pierwszym etapem właściwego przetwarzania danych. Etap ten polega na wyszukiwaniu różnego rodzaju właściwości (kształtów, kolorów, faktury, dźwięków, zapachów itp.), tzw. wrażeń. Jest to jedno z najbardziej wrażliwych miejsc całego systemu, narażone na dużą ilość przekłamanych i niejednoznacznych informacji (IER - *Impression Error*). Typowym przykładem obrazującym niejednoznaczność doświadczanych wrażeń jest tzw. efekt przyjęcia (*ang. Cocktail Party Effect*). Polega on na wylapywaniu z szumu złożonego z rozmów i dźwięków, informacji ważnej dla systemu/człowieka [1]. Po wykryciu wrażenia są zapisywane w niższej warstwie pamięci krótkotrwałej (L-STM).



Rys. 2a. Spostrzeżenie – obiekt

Fig. 2a. Discovery – object



Rys. 2b. Pamięci długotrwała

Fig. 2b. Structure of LTM

**Percepcja spostrzeżeń** charakteryzuje się wyższym stopniem przetwarzania danych niż percepcja wrażeń. Można w niej wydzielić dwa równoległe procesy: *top-down* (TDP) i *bottom-up* (BUP). Dzięki procesowi BUP wrażenia pobrane z L-STM są grupowane pod kątem orientacji w przestrzeni (przykładowo: kojarzenie dźwięku z obiektem go wydającym). Następnie grupy wrażeń są rekodowane do postaci spostrzeżeń (rys.2a). Spostrzeżenie (*discovery*) jest zatem grupą wrażeń tyżącą jednego obiektu umiejscowionego w przestrzeni, która posiada powiązanie z potrzebami i emocjami. TDP polega na skonfrontowaniu spostrzeżeń powstałych w wyniku BUP oraz spostrzeżeń podsunętych przez uwagę nieświadomą. Dzięki temu spostrzeżenia pozyskane przez BUP są kojarzone z ich odpowiednikami z pamięci długotrwałej.

Konfrontacja spostrzeżeń rozpoznanych w H-STM wraz ze spostrzeżeniami znanymi systemowi (z pamięci LTM) polega głównie na porównywaniu wrażeń. W zależności od liczby wrażeń zgodnych, dostrzeżony obiekt może zostać rozpoznany jako obiekt zapamiętany wcześniej, bądź jako nowy obiekt należący do jakiejś grupy obiektów. W przypadku obiektu, który w żaden sposób nie pasuje do obiektów pobranych (tymczasowo) z pamięci długotrwałej, do nieświadomej uwagi wysłany jest sygnał FNO (*Fetch New Object*). Powoduje on przeniesienie do pamięci H-STM nowego zestawu spostrzeżeń do bieżącego porównania. Jeśli obiekt nie 'daje się' rozpoznać, percepcja wysyła do uwagi świadomej sygnał kreacji CNO. W ten sposób nierozpoznany obiekt poszerza listę obiektów LTM (tj. dopisywany jest jako nowy).

Jest to kolejne newralgiczne miejsce, jeśli bowiem obiekt jest błędnie rozpoznany (np. drapieżnik zamiast różowego kocyka), może dojść do źle podjętych akcji lub wręcz do destrukcji. Błędy występujące podczas percepcji spostrzeżeń nazywane są błędami rozpoznania (REr - *Recognition Error*).

### 2.1.2. Procesy uwagi

W psychologii wyróżnia się wiele procesów uwagi, jednak dla uproszczenia dzielimy ją na dwa rodzaje: świadomą i nieświadomą. Jak widać ze struktury poznawczej (rys. 1), uwaga jest centralnym procesem przetwarzania informacji, który pośredniczy w operacjach zapisu i odczytu obiektów z pamięci LTM i H-STM.

**Uwaga nieświadoma** opiera się na kontroli sygnałów motywacyjnych (potrzeb i emocji), wspiera i nadzoruje procesy poznawcze niższego rzędu oraz zarządza wyższymi pamięciami. Odpowiada też za dostarczanie w odpowiedzi na sygnał FNO zapamiętanych spostrzeżeń oraz za zapis nowych obiektów. W związku z tym, ma ona właściwości zarządcze i porządkujące w stosunku do informacji zapisanych w pamięci długotrwałej. Błędem, jaki może zaistnieć w procesie uwagi, jest błąd miejsca zapisu (WER – *writing error*), który jednak ma niewielki wpływ na cały system.

**Uwaga świadoma** jest niezbędna do tworzenia nowych obiektów oraz do świadomego sterowania systemami percepcji. Po otrzymaniu sygnału CNO, proces uwagi komunikuje się z procesem myślenia, aby uzyskać nazwę dla nowego obiektu, po czym zapisuje nowy obiekt wraz z nazwą i kontekstem emocjonalnym. Oczywiście w dostępie do pamięci długotrwałej uczestniczy też proces uwagi nieświadomej (rys. 1). Dodatkową funkcją uwagi świadomej jest przekazywanie informacji (głównie posiadających funkcję motywacyjną) do procesu myślenia.

### 2.1.3. Proces myślenia

Proces myślenia analizuje aktualne potrzeby (przekazane za pomocą uwagi) i emocje oraz wybiera adekwatną reakcję, tj. identyfikuje problem oraz poszukuje możliwego rozwiązania.

### 2.1.4. Procesy pamięci

Pamięć w psychologii traktowana jest dwojako, jako proces i jako miejsce zapisu danych. Pamięć traktowana jako proces polega na pogłębianiu 'ścieżek' pamięciowych, w których zapisane są informacje. Informacja ma ograniczoną ważność czasową, a nawet może być zapomniana. Ze względu na czas ważności oraz strukturę informacji pamięć dzielimy na:

- ultrakrótkotrwałą (sensoryczną), przechowującą bodźce (czyste, nieprzetworzone dane)
- krótkotrwałą, mocno ograniczoną, funkcjonującą jako bufor w przetwarzaniu danych, którą dzielimy na:
  - niski poziom (przechowywanie wrażeń)
  - wysoki poziom (spostrzeżeń)
- długotrwałą, przechowującą przetworzone informacje, obiekty i pojęcia abstrakcyjne, w sposób uporządkowany, przez dłuższy okres czasu.

W pamięci długotrwałej informacje mają określoną strukturę, przypominającą zarówno ramki Minsky'ego, jak i strukturę drzewiastą [14]. Podstawową jednostką struktury jest spostrzeżenie (obiekt), które może reprezentować, oprócz rzeczywistych obiektów, ogólne pojęcia (klasy), np. naczelnie, ssak, zwierzę, itp. Jak wspomniano, każdy obiekt składa się z wrażeń, etykiety/nazwy, kontekstu emocjonalnego i kontekstu potrzeb. Może się jednak zdarzyć, iż kontekst potrzeb lub emocji jest zerowy. Przypadek taki stanowią klasy (choć nie wszystkie, drapieżniki np. zawsze wywołują sub-emocję związaną ze strachem). Strukturę pamięci długotrwałej obrazuje rys. 2b. Zauważmy, że głównym korzeniem jest abstrakt, obiekt nierzeczywisty, bez żadnych wrażeń.

## 2.2. Identyfikacja problemu

Do identyfikacji problemu służy system oparty na psychologii osobowości. Składa się on z dwóch części: potrzeb oraz emocji. Potrzeby są podstawą ludzkiego systemu motywacji i tylko wyjątkowo, gdy wymagane jest szybka decyzja, nie spełniają swojego zadania. W takich chwilach używane są emocje.

### 2.2.1. System potrzeb a obiekty

Potrzeba jest abstrakcyjny stanem doświadczania braku satysfakcji w pewnym kontekście [13]. Im silniejsze jest odczucie braku owej satysfakcji, tym mocniej system próbuje ten brak zredukować. Istnieje niezmierna liczba potrzeb. Można je jednak kwalifikować do jednej z klas ukazanych na rys. 3. Piramida Maslow'a opisuje istotność potrzeb z różnych klas. I tak: system najpierw musi zaspokoić wszystkie potrzeby fizjologiczne, następnie dopiero może zaspokajając potrzeby z wyższej klasy.

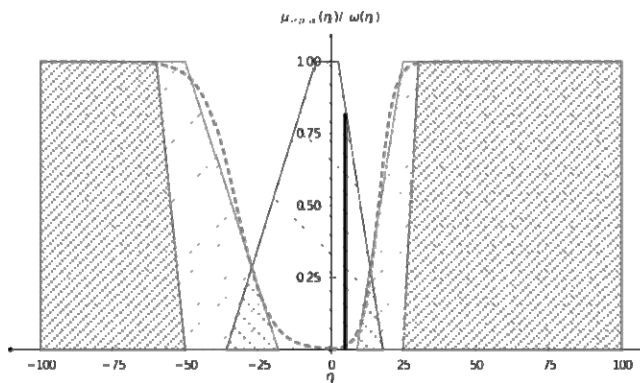


Rys. 3. Piramida potrzeb według Maslowa

Fig. 3. The Maslow's pyramid

Potrzeby w IDS modelowane są jako trójstanowe zmienne rozmyte (rys. 4), przyjmujące stany: satysfakcji, prealarmu i alarmu. Istnieje też funkcja wagi zależna od chwilowego stanu potrzeb, pozwalająca na ustalanie ważności wewnątrz klas.

System potrzeb oparty na piramidzie Maslowa i zmiennych rozmytych definiuje motywację systemu, a przez to wpływa na wybór reakcji przez system.



Rys. 4. Przykładowe stany rozmyte  $i$ -tej potrzeby. Pogrubiona, przerywana linia jest krzywą wagi  $\omega(\eta)$ , zakreślone pole liniami pod kątem  $-45^\circ$  oznacza stan satysfakcji  $\mu_s(\eta)$ , pola zakreślone pod kątem  $45^\circ$  – stan prealarmu  $\mu_p(\eta)$ , oraz pola o zagęszczonym kreskowaniu – stan alarmu  $\mu_a(\eta)$ . Cienka pionowa linia, oznacza aktualny (ostrzy) stan potrzeby

Fig. 4. Exemplary fuzzy model of a  $i$ -th need

Jak wspomniano, istnieje powiązanie między potrzebami a postrzeganymi obiektami. Obiekt może (nie musi) wpływać na konkretną potrzebę. Przykładowo: spostrzeżenie jaguara, powinno zwiększyć niezaspokojenie potrzeby bezpieczeństwa. Zatem wykrycie konkretnego obiektu może implikować zmianę stanu konkretnych potrzeb. W przypadku błędu rozpoznania, potrzeby mogą być zmienione w kontekście błędnie rozpoznanego obiektu, co z kolei może wpłynąć na wybór niewłaściwej reakcji.

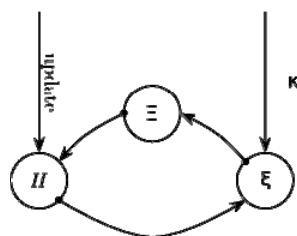
Wskazanie najbardziej niezaspokojonych potrzeb, pozwala wybrać reakcję, która zmniejszy stopień ich niezaspokojenia [7].

### 2.2.2. Emocje jako wyjście awaryjne

Procesy emocjonalne u człowieka można podzielić na [2]:

- subemocje (afekty), krótkotrwałe impulsy wytrącające system z równowagi, powiązane ze spostrzeżeniami
- emocje właściwe, zmienne stany afektywne, mające specyficzne zabarwienie i krótki czas trwania
- nastrój, długotrwały stan wpływający na wiele osądów [3].

System emocjonalny złożony z powyższych elementów (rys. 5), umożliwia szybkie podjęcie decyzji w obecności silnych emocji. Emocja klasyczna kształtuje się poprzez identyfikację liczby niezaspokojonych potrzeb oraz subemocje, skojarzone z obiektami. Nastrój natomiast wywodzi się ze stanu emocji i oddziałuje bezpośrednio na parametry potrzeb określające jej stany rozmyte.



Rys. 5. Emocje: subemocja K, emocja klasyczna  $\xi$ , nastrój  $\Xi$ , system potrzeb H  
Fig. 5. Emotional system

Klasyczna emocja wpływa pośrednio na podjętą reakcję, zawężając możliwość wyboru do reakcji z nią skojarzonych. Zmniejsza to ilość przetwarzanej informacji, a jednocześnie spełnia warunek powiązania reakcji ze stanem emocjonalnym (kontekstem).

## 3. Rodzaje błędów i ich skutki

Jak wspomniano, wyróżnić można cztery rodzaje błędów aktywnie wpływających na podejmowaną przez system decyzję.

### 3.1. Błędy sensoryczne

**Błąd bodźca** występuje przy awarii sensora (np. martwe piksele w kamerze). Przy dużej liczbie czujników (czujnikiem jest każdy piksel w matrycy kamery cyfrowej), błędy pojedynczego sensora niwelowane są przez inne sensory w pobliżu [11]. Wymagana jest duża liczba sensorów (np. człowiek posiada około 300 mln takich receptorów). Różne typy sensorów umożliwiają weryfikację informacji na wyższych poziomach przetwarzania.

**Błąd czasu zapisu** jest błędem poważniejszym. Przy odbiorze asynchronicznym bodźców możliwe jest, że dane będą nieaktualne. Jeśli liczba takich danych jest niewielka, system sobie radzi (jest odporny analogicznie, jak przy błędzie bodźca). Jeśli liczba błędnych informacji jest znacząca, system percepcji wrażeń może mieć problem z wykryciem cech (kształtów, faktury). Wówczas należy zaktualizować dane sensoryczne poprzez wysłanie do percepcji sensorycznej sygnału DAS (*data actualization signal*).

### 3.2. Błędy wrażeń

Wykrycie fałszywego wrażenia generuje mylącą informację (czy można rozpoznać stół, jeśli zamiast blatu rozpoznamy walec lub kolumnę?). Jeśli system dysponuje różnymi zmysłami, błędy wrażeń mogą być redukowane. Aby redukcja błędów IER mogła zachodzić poprawnie, należy wyznaczyć hierarchię zmysłów (u człowieka dotyk jest niezwykle odporny). Robot może być wyposażony w zestaw tensometrów do wykrywania kształtu, wspierających kamerę lub linijkę laserową.

Wyższy poziom przetwarzania powinien rozpoznawać obiekty podobne i informować o możliwości błędnego wrażenia. System percepcji spostrzeżeń na podstawie zbioru wrażeń, dotyczących obiektu (np. stołu: cztery prostopadłości, połączone walcem o dużej wysokości), powinien je porównać z wrażeniami nt. znanego obiektu. Powinien przy tym wykazać możliwość błędów i wysłać sygnał nakazujący ponowne zbadanie jednego z wrażeń (blatu).

## 3.3. Błędy rozpoznania

Na ścieżce przetwarzania informacji mogą też wystąpić błędne rozpoznania obiektów, np. przy niewielkiej liczbie wrażeń występujących w spostrzeżeniu (duży taboret i niski stół). Czasem błędne rozpoznanie obiektu nie powoduje większych komplikacji (agent usiadł na stole), jednak może też być destrukcyjne (błędne rozpoznanie niedźwiedzia jako dużego kota).

## 3.4. Błędy zapisu

Błędy zapisu dotyczą głównie struktury pamięci długotrwałej. Ponieważ struktura pamięci LTM przypomina sieć semantyczną, możliwe jest zapisanie nowego obiektu w błędnej gałęzi sieci. Błąd taki powoduje jedynie trudniejszy dostęp do danego elementu oraz dłuższy czas przetwarzania informacji zanim obiekt zostanie właściwie rozpoznany. Jednak w przypadku, gdy wymagane są szybkie decyzje, błąd tego rodzaju może być istotny.

## 4. Zapobieganie błędom

Pewnym błędom można zapobiec poprzez użycie nadmiarowych lub dodatkowych czujników. Pierwsze umożliwiają wykrycie usterek sensorów, drugie – weryfikację wrażeń poprzez taki odrębny 'zmysł'. Ważna jest jednoznaczność zapisu spostrzeżeń. Należy określić próg, przy którym percepcja spostrzeżeń powinna zwracać błąd do percepcji wrażeń.

## 5. Przykładowe zastosowanie

Robot zwiadowczy wymaga następujących potrzeb:

- przetwarzania (fizjologiczna)
- energii (fizjologiczna)
- sprawnego działania (bezpieczeństwa)
- wykonywania określonych rozkazów (bezpieczeństwa)
- wykonania określonych rozkazów (afiliacji).

Posiada wbudowaną kamerę, czujnik ultradźwiękowy, mikrofon zbiorczy, mikrofon kierunkowy, kamerę oraz czujniki wewnętrzne, które monitorują stan (silników, gąsienic, procesora). Należy zaimplementować możliwość wykrywania obiektów (ultradźwięki i obraz) i zdefiniować ich klasy. W klasie abstrakcyjnej należy odróżnić obiekty ruchome i nieruchome (przyjazne i wrogie).

Zaprojektowany robot powinien być przyuczony w środowisku symulacyjnym. W różnych scenariuszach robot powinien nauczyć się uciekać, bądź ukrywać przed wykrytą wrogą postacią. Ponadto powinien lokalizować wroga jednostki (dzięki czujnikom ultradźwiękowym, mikrofonowi i kamerze).

Implementacji dokonano na platformie typu Qfix. Przy niewielkiej liczbie czujników, uzyskano reakcję na wrogą jednostkę (ucieczka) i na niski poziom energii (dokowanie), zaś błędy wrażeń/rozpoznania owocowały ucieczką przed stałą przeszkodą.

## 6. Wnioski

Przedstawiono system diagnostyczny antropoidalnego systemu decyzyjnego. Rozważono możliwe błędy systemowe oraz sposoby im zapobiegania. Wykazano, że mogą one zaistnieć podczas realnej pracy robota opartego na IDS.

Inteligentny System Decyzyjny (IDS), imitujący ludzką motywację oraz oparty na psychologii kognitywnej, może mieć wiele

zastosowań, począwszy od inteligentnych urządzeń, systemów zabezpieczeń, a skończywszy na humanoidalnych towarzyszach. System bezpieczeństwa może mieć postać inteligentnego robota-pasa patrolującego wyznaczony teren i wykrywającego intruzów. Grupa takich robotów może współpracować ze sobą, zapewniając bezpieczeństwo większej przestrzeni. Z wielu względów system taki jest bardziej ekonomiczny niż klasyczny (wystarczy zastosować dwa roboty, aby monitorować niewielki teren). Zważywszy na możliwość samouczenia się systemu i eliminowania błędów własnych (czyli zachowania przypisywanego człowiekowi), perspektywy zastosowania takiego systemu są nieograniczone.

## 7. Literatura

- [1] Arons B.: A Review of the Cocktail Party Effect. MIT Media Lab., Cambridge 1992.
- [2] Biddle S., Fox K., Boutcher S.: Physical activity and psychological well-being. Psychology Press, 2000.
- [3] Blechman E. A.: Emotions and the family: For better or for worse. Lawrence, Erlbaum 1990.
- [4] Bui T., Heylen D., Poel M., Nijholt A.: ParleE: An adaptive plan based event appraisal model of emotions. KI 2002: Advances in Artificial Intelligence, pp. 1–9.
- [5] Chuengsatiansup K., Sajjapongse K. i inni: Plasma-rx: Autonomous rescue robots. Robotics and Biomimetics, ROBIO 2008: IEEE Intern. Conference on, pp. 1986–1990.
- [6] El-Nasr M. S., Yen J., Ioerger T. R.: Flame – fuzzy logic adaptive model of emotions. Autonomous Agents and Multi-agent systems, 3(2000): 219–257.
- [7] Kowalczyk Z., Czubenko M.: Interactive cognitive-behavioural decision making system. Artificial Intelligence and Soft Computing, Vol. 6114 (II) of Lecture Notes in Artificial Intelligence, pp. 516–523. Springer-Verlag, Berlin – New York 2010.
- [8] Kowalczyk Z., Czubenko M.: Model of human psychology for controlling autonomous robots. MMAR 2010: Intern. Conf., pp. 31–36.
- [9] Kowalczyk Z., Czubenko, M.: Intelligent decision-making system for autonomous robots. International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, 21(4) 2011.
- [10] Le Guen H., Sorin M.: A model of cooperative agent based on imitation and Maslow's Pyramid of needs, Neural Networks, 2009. IJCNN 2009: International Joint Conference on, IEEE, pp. 1229–1236.
- [11] Lindsay R. H., Norman D. A.: Procesy Przetwarzania Informacji u Człowieka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1984.
- [12] Maruszewski T.: Psychologia Poznania. Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2001.
- [13] Maslow A. H.: Toward a Psychology of Being. 2 edn, Van Nostrand Reinhold, New York 1968.
- [14] Minsky M.: A framework for representing knowledge. The Psychology of Computer Vision, 1975.
- [15] Poggi I. i inni: Greta a believable embodied conversational agent. Multimodal intelligent information presentation, pp. 3–25, 2005.
- [16] Sun Y., Zhang B.: System model of underground uwb based on mb-ofdm, International Journal of Communications, Network and System Sciences 4(1) 2011.

otrzymano / received: 03.07.2011

przyjęto do druku / accepted: 05.08.2011

artykuł recenzowany

## INFORMACJE

### Informacje dla Autorów

Redakcja przyjmuje do publikacji tylko prace oryginalne, nie publikowane wcześniej w innych czasopismach. Redakcja nie zwraca materiałów nie zamówionych oraz zastrzega sobie prawo redagowania i skracania tekstów oraz streszczeń.

Artykuły naukowe publikowane w czasopiśmie PAK są formatowane jednolicie zgodnie z ustaloną formatką zamieszczoną na stronie redakcyjnej [www.pak.info.pl](http://www.pak.info.pl). Dlatego artykuły przekazywane redakcji należy przygotowywać w edytorze Microsoft Word 2003 (w formacie DOC) z zachowaniem:

- wielkości czcionek,
- odstępów między wierszami tekstu,
- odstępów przed i po rysunkach, wzorach i tabelach,
- oznaczeń we wzorach, tabelach i na rysunkach zgodnych z oznaczeniami w tekście,
- układu poszczególnych elementów na stronie.

Osobno należy przygotować w pliku w formacie DOC notki biograficzne autorów o objętości nie przekraczającej 450 znaków, zawierające podstawowe dane charakteryzujące działalność naukową, tytuły naukowe i zawodowe, miejsce pracy i zajmowane stanowiska, informacje o uprawianej dziedzinie, adres e-mail oraz aktualne zdjęcie autora o rozmiarze 3,8 x 2,7 cm zapisane w skali odcieni szarości lub dołączone w osobnym pliku (w formacie TIF).

Wszystkie materiały:

- artykuł (w formacie DOC),
- notki biograficzne autorów (w formacie DOC),
- zdjęcia i rysunki (w formacie TIF lub CDR),

prosimy przesyłać w formie plików oraz dodatkowo jako wydruki na białym papierze (lub w formacie PDF) na adres e-mail: [wydawnictwo@pak.info.pl](mailto:wydawnictwo@pak.info.pl) lub pocztą zwykłą, na adres: Redakcja Czasopisma Pomiar Automatyka Kontrola, Asystent Redaktora Naczelnego mgr Agnieszka Skórkowska, ul. Akademicka 10, p.21A, 44-100 Gliwice.

Wszystkie artykuły naukowe są dopuszczane do publikacji w czasopiśmie PAK po otrzymaniu pozytywnej recenzji. Autorzy materiałów nadesłanych do publikacji są odpowiedzialni za przestrzeganie prawa autorskiego. Zarówno treść pracy, jak i wykorzystane w niej ilustracje oraz tabele powinny stanowić dorobek własny Autora lub muszą być opisane zgodnie z zasadami cytowania, z powołaniem się na źródło cytatu.

Przedrukowywanie materiałów lub ich fragmentów wymaga pisemnej zgody redakcji. Redakcja ma prawo do korzystania z utworu, rozporządzania nim i udostępniania dowolną techniką, w tym też elektroniczną oraz ma prawo do rozpowszechniania go dowolnymi kanałami dystrybucyjnymi.