

## SELECTED METHODS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE PROCESS OF DIAGNOSING OF CHOSEN AGRICULTURAL TRACTORS

### Summary

Expert systems as elements of artificial intelligence, are sometimes a practical tool in many spheres of economy, and also in agriculture [4]. One from the problems of large-scale production agricultural farms is problem of diagnosing of agricultural machines. In agricultural production often used tractors, correct exploitation of which determines efficiency of field works. Aim of this work is to build an expert system to diagnosing and correct services of MF type tractors, in process of their exploitation.

## WYBRANE METODY SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W PROCESIE DIAGNOZOWANIA WYBRANYCH CIĄGNIKÓW ROLNICZYCH

### Streszczenie

Systemy ekspertowe jako jedne z elementów sztucznej inteligencji, bywają narzędziem stosowanym w wielu dziedzinach gospodarki, w tym również w rolnictwie [4]. Jednym z problemów wysoko towarowych gospodarstw rolniczych jest problem diagnozowania maszyn rolniczych. W produkcji rolniczej często wykorzystuje się ciągniki, których prawidłowa eksploatacja determinuje efektywność prac polowych. Celem pracy jest budowa systemu ekspertowego służącego do diagnostyki oraz prawidłowej obsługi ciągników typu MF, niezbędnej w procesie eksploatacji.

### Wstęp

Sztuczna inteligencja (*Artificial Intelligence, AI*) jest dziedziną naukową, która zajmuje się modelowaniem wiedzy oraz rozwiązywaniem problemów niealgorytmizowalnych (względnie algorytmizowanych, których czas rozwiązania rośnie wykładniczo) w oparciu o symboliczną reprezentację wiedzy. Jedną z najwcześniejszych i do dziś dynamicznie się rozwijających aplikacji metod *AI* w praktyce są systemy ekspertowe *SE*.

Według *E. Feigenbauma* (jeden z prekursorów *SE*) system ekspertowy to: „inteligentny program komputerowy, wykorzystujący procedury wnioskowania do rozwiązywania tych problemów, które są na tyle trudne, że normalnie wymagają znaczącej ekspertyzy specjalistów”. System ekspertowy na ogół definiuje się jako system informatyczny wykorzystujący pozyskaną i skumulowaną w sposób trwały wiedzę eksperta do rozwiązywania zadań, które normalnie wymagają zaangażowania ludzkiej inteligencji. W praktyce oznacza to, że systemy ekspertowe stosuje się przede wszystkim w takich obszarach gdzie informacja (wiedza) o danej dziedzinie jest niepewna, nie jest w sposób jednoznaczny sformalizowana (nie istnieje model matematyczny rozwiązujący sformułowane zadania) lub postawiony problem można zaliczyć do NP-zupełnych. W praktyce *SE* symuluje działanie eksperta również w sposobie użytkownika, tzn. poprzez analizę sekwencji odpowiedzi użytkownika na pytania kierowane do niego przez system. System ekspertowy może wykonywać różne funkcje i mieć tym samym bardzo zróżnicowane zastosowania praktyczne. Do najważniejszych należą: analizowanie, doradzanie, klasyfikowanie, diagnozowanie, udzielanie informacji, uczenie się, gromadzenie

doświadczeń, nauczanie, testowanie, prognozowanie, planowanie, czyli dokładnie zadania, które były przewidziane do realizacji przez człowieka – eksperta [6].

Celem niniejszej pracy było usystematyzowanie podstawowych struktur systemów ekspertowych oraz wytworzenie informatycznego systemu diagnostycznego dedykowanego praktyce rolniczej.

### Ogólna charakterystyka *SE*

Aby móc realizować postawione przed nim zadania, *SE* powinien:

- „rozumieć” i analizować dany problem,
  - umieć wybrać fakty niezbędne do przeprowadzenia ekspertyzy,
  - udzielać porad,
  - wyjaśnić sposób rozwiązania danego problemu.
- Można dokonać podziału *SE* ze względu na następujące kryteria:
- ze względu na sposób tworzenia *SE*:
    - szkieletowe – jest to gotowy system z pustą bazą wiedzy,
    - dedykowane – system taki jest tworzony od podstaw.
  - ze względu na prezentację rozwiązania:
    - doradczycie z kontrolą człowieka: użytkownik ocenia jakość prezentowanych rozwiązań; może je zatwierdzić albo zażądać podania innego rozwiązania,
    - doradczycie bez kontroli człowieka - *SE* sam ocenia podane przez siebie rozwiązanie,
    - krytykujące – system przeprowadza analizę i komentuje uzyskane rozwiązanie.

Podstawowe cechy systemów ekspertowych to:

- fakt, że dotyczą wąskiej dziedziny wiedzy,
- posiadanie modularnej budowy pozwalającej na rozbudowę systemu,
- oddzielenie mechanizmu wnioskowania od bazy wiedzy,
- możliwość wnioskowania z niepełnej wiedzy,
- możliwość wyjaśniania łańcucha wnioskowania w sposób zrozumiały dla użytkownika,
- zastosowanie reguł wnioskowania postaci „if ... then ...”.

Do cech charakterystycznych różniących systemy ekspertowe od pozostałych systemów informatycznych zalicza się:

- jawną reprezentację wiedzy w bazie wiedzy,
- wykorzystanie w procesie wnioskowania mechanizmu wnioskującego,
- możliwość uzasadnienia podawanych odpowiedzi za pomocą modułu objaśniającego,
- wspomaganie i aktualizacja bazy wiedzy za pomocą modułu akwizycji wiedzy.

Strukturę przykładowego systemu ekspertowego przedstawia rys. 1 [3].

W skład typowego systemu ekspertowego wchodzi następujące moduły:

- moduł pozyskiwania wiedzy: umożliwia zdobywanie oraz modyfikowanie wiedzy z danej dziedziny. Danych do modułu wiedzy dostarczają bezpośrednio eksperci z danej dziedziny. Jednym z bardziej istotnych etapów tworzenia systemu jest wywiad wstępny z ekspertami. Od jakości tego wywiadu zależy przydatność i funkcjonalność całego projektu. Inżynier wiedzy „łączy ze sobą” źródła wiedzy i system ekspertowy. Inżynierem wiedzy powinien być informatyk lub odpowiednio przygotowany programista, który łączy

czy w sobie umiejętności programowania, reporterskie oraz wiedzę ogólną z danej dziedziny. Cechy te są niezbędne do odpowiedniego, umiejętnego prowadzenia dialogu z ekspertami w celu pozyskania najistotniejszych faktów i reguł dotyczących rozwiązywania danych problemów. System ekspertowy będzie tym lepszy im lepsze jest grono ekspertów oraz im lepszy jest inżynier, który tworzy systemem ekspertowy.

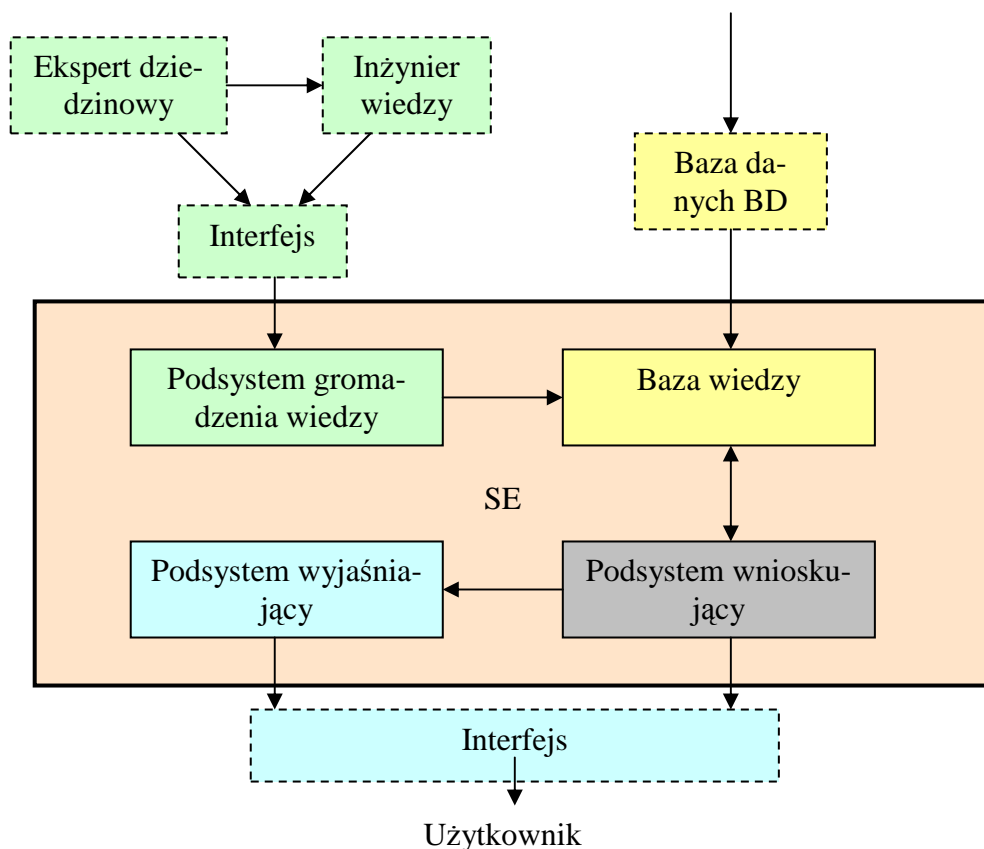
- baza wiedzy (knowledge base): jest to część systemu zawierająca wiedzę o dziedzinie i o podejmowaniu decyzji przez eksperta. Wiedza ta musi być niesprzeczna i spójna. Sprzeczność i niespójność mogą pojawić się w sytuacji modyfikacji bazy wiedzy lub też wprowadzania nowych reguł. Dlatego też SE powinien zawierać mechanizmy zabezpieczające, których zadaniem byłaby kontrola niesprzeczności i spójności.

Przy tworzenia bazy wiedzy inżynier wiedzy musi udzielić sobie odpowiedzi na następujące pytania:

- jakie obiekty należy zdefiniować?
- jakie są relacje między obiektami?
- jak należy formułować i przetwarzać reguły?
- czy pod względem rozwiązywania specyficznego problemu baza wiedzy jest kompletna i spójna?

Istnieje kilka rodzajów baz wiedzy. Do ważniejszych należy zaliczyć następujące:

- baza tekstów (*text base*) - występuje w niej naturalna strukturalizacja zawartych informacji. Taka baza jest nie uporządkowana, dlatego też operacje na niej mogą być wykonywane w sposób dowolny,
- baza danych (*data base*) - przechowuje szczegółowe informacje, zapisane w sposób uporządkowany,



Rys. 1. Struktura systemu ekspertowego  
Fig. 1. Structure of expert system

- baza reguł (*rule base*) - zawiera wiedzę o obowiązujących w danej dziedzinie zależnościach i jest najważniejszą częścią bazy wiedzy,
- baza modeli (*model base*) - zawiera modele matematyczne (logiczno-matematyczne przedstawienie pojęcia, systemu lub działań) danej dziedziny,
- baza wiedzy zdroworozsądkowej (*common sense knowledge base*) - odzwierciedla potencjalne, racjonalne zachowania się człowieka. Zawiera reguły definiujące sposoby podejmowania decyzji, które reprezentują metawiedzę systemu ekspertowego. Metawiedza to wiedza o wiedzy, czyli o sposobie przetwarzania informacji z danej dziedziny wiedzy.

**Mechanizmy wnioskowania** (*inference engine*): odpowiadają za rozwiązanie problemu oraz za poprawne zastosowanie wiedzy zgromadzonej w bazie wiedzy. Podstawowymi metodami wnioskowania są wnioskowanie „wstecz” (*backward chaining*) oraz wnioskowanie „wprzód” (*forward chaining*).

Wnioskowanie „wprzód” zaczyna od faktów i posuwa się w kierunku diagnozy. SE na podstawie podanych faktów oraz faktów i reguł zawartych w bazie wiedzy stara się wygenerować nowe fakty. Fakty te dołącza się do bazy wiedzy i powtarza się próbę znalezienia kolejnych, nowych faktów. Wnioskowanie kończy się, kiedy nie jest możliwe wygenerowanie żadnych nowych faktów lub kiedy znaleziono poszukiwaną diagnozę.

Wnioskowanie „wstecz” rozpoczyna się od hipotezy i szuka argumentów (dowodów), które pozwolą potwierdzić lub też obalić hipotezę, korzystając z reguł zawartych w bazie wiedzy. Jeśli reguły korzystają z faktów, które nie są znane, a które wynikają z innych reguł, to system najpierw sprawdza te reguły itd. Jeśli danych faktów nie da się wyprowadzić się za pomocą reguł wówczas system pyta o nie użytkownika. Proces wnioskowania zwykle odbywa się rekurencyjnie, aż do momentu, kiedy uda się uzyskać wszystkie potrzebne dane do ustalenia prawdziwości lub fałszywości hipotezy.

**Moduł objaśniająco-wyjaśniający** (*explanation facility*): to część systemu zajmująca się komunikacją ze światem ze-

wnętrznym. Jest odpowiedzialny zarówno za wprowadzanie danych do systemu, jak i za wyprowadzanie na zewnątrz wniosków systemu. Moduł ten daje użytkownikowi radę, sugestię, a nie podejmuje decyzji. Ostateczna decyzja jest podejmowana przez użytkownika.

### Opis aplikacji „MF-Diag”

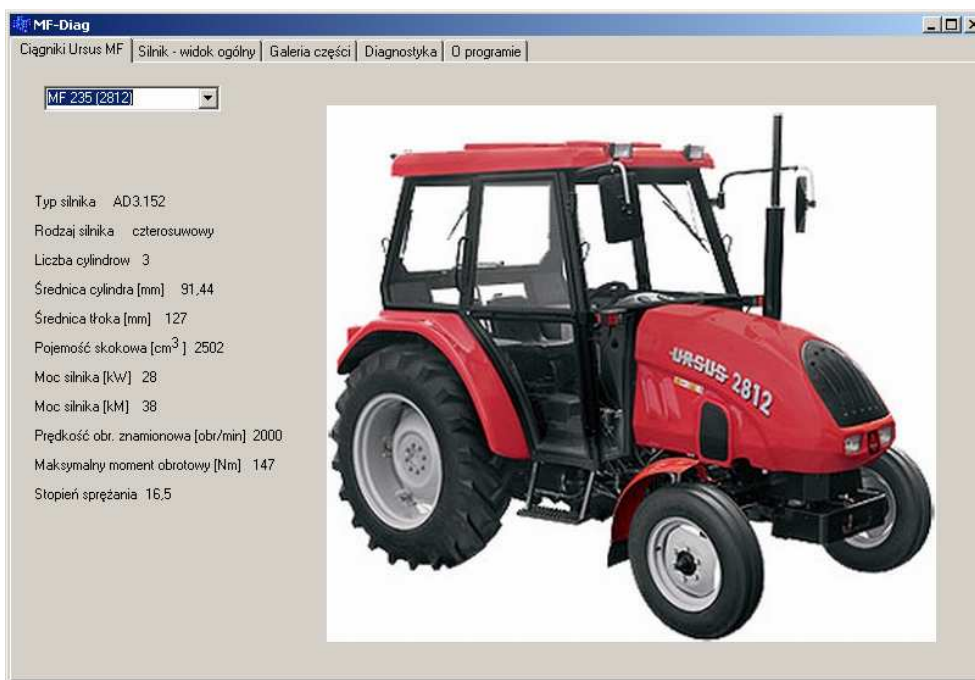
Program „MF-Diag” jest systemem ekspertowym mającym za zadanie wspomaganie procesu diagnozowania ciągników rolniczych Ursus z serii MF (*Massey Ferguson*). Program charakteryzuje się prostą, przyjazną użytkownikowi budową i intuicyjnym w obsłudze interfejsem. Wykonany został przy wykorzystaniu środowiska programistycznego *Borland C++ Builder v.6*. Baza wiedzy wytworzona została w oparciu o informacje zawarte w książce „Użytkujemy ciągniki *URSUS MF*”, której autorem jest *Zdzisław Humanowski* [6].



Rys. 2. Ekran startowy programu „MF-Diag”

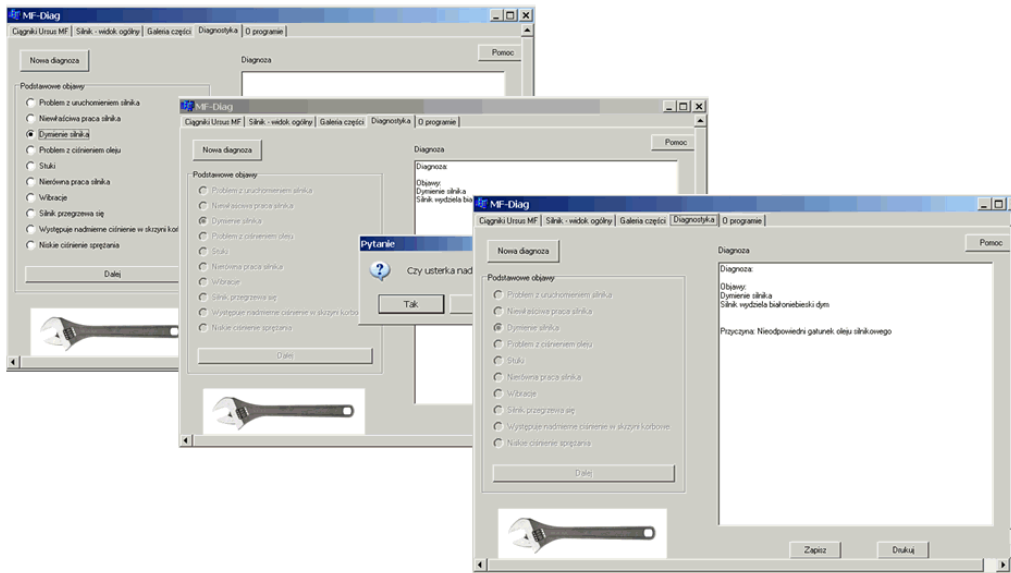
Fig. 2. Starting screen of the expert system “MF-Diag”

Po uruchomieniu programu pojawia się okno główne stanowiące *interface* systemu. Przykładowo dla aktywnej zakładki „Ciągniki Ursus MF” okno przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Widok zakładki „Ciągniki Ursus MF”

Fig. 3. View of button “Ursus MF Tractors”



Rys. 4. Diagnoza ciągnika w przypadku: „Dymienie silnika”  
 Fig. 4. The diagnosis of tractor in case: "Reeking engine"

Zakładki „Silnik-widok ogólny” oraz „Galeria części” stanowią dodatkowe wsparcie edukacyjne, przydatne również w procesie diagnostycznym.

Zakładka „Diagnostyka” stanowi najważniejszą część programu „MF-Diag”. Użytkownik ma za jej pośrednictwem dostęp do modułu diagnostycznego, stanowiącego jądro aplikacji.

Realizację procesu diagnostycznego rozpoczyna się poprzez wybór jednego z wyszczególnionych objawów w sekcji „Podstawowe objawy”. Po zatwierdzeniu wyboru (przycisk „Dalej”) pojawią się kolejne okna dialogowe: pierwsze informujące o możliwej przyczynie usterki, a następnie kolejne, dające użytkownikowi możliwość kontynuowania lub przerwania procesu diagnozy.

Przykładową realizację diagnozy ciągnika dla objawu: „Dymienie silnika” przedstawia rys. 4.

Testowanie programu realizowane było w dwóch etapach. Etap pierwszy stanowiło testowanie modułów w trakcie implementacji kodu. Sprawdzona została poprawność działania poszczególnych funkcji. Szczególny nacisk położony został na poprawne działanie najważniejszego modułu w programie, tzn. modułu diagnostycznego. Drugim etapem było testowanie całego systemu. Proces weryfikacji przebiegał podobnie jak w przypadku testowania podczas implementacji.

#### Uwagi końcowe

Ważną cechą systemów ekspertowych jest fakt, że dysponując zapisaną wiedzą eksperta z wybranej dziedziny, mogą jej używać wielokrotnie w sposób efektywny, w szczególności bez obecności eksperta. Ponadto można w takim systemie zagregować wiedzę licznego zespołu ekspertów, co niewątpliwie poszerza widmo potencjalnych zastosowań.

Moc programu ekspertowego (w zakresie rozwiązywania danego problemu) tkwi przede wszystkim w zakodowanej w nim wiedzy. Tak więc uzyskanie poprawnej ekspertyzy SE jest uzależnione przede wszystkim w jakości wiedzy skumulowanej w bazie wiedzy, a dopiero w dalszej ko-

lejności od sposobu realizacji procesu wnioskowania systemu ekspertowego. Zatem aby zbudować dobry system ekspertowy, należy go wyposażać w dużą ilość dobrej jakości, specyficznej wiedzy. Do najbardziej rozpowszechnionych zaliczamy systemy, w których bazę wiedzy wydzielono od pozostałych bloków. Nazywane są one systemami opartymi na bazie wiedzy i często wykorzystywane są jako systemy diagnostyczne lub doradcze.

W szeroko rozumianej diagnostyce systemów rolnictwa można wykorzystać wiele metod sztucznej inteligencji, jednak aktualnie najczęściej do tego celu stosuje się systemy ekspertowe m.in. dlatego, że na ogół charakteryzuje je prostota i wygoda eksploatacji. Daje się też zauważyć, że coraz więcej ekspertowych systemów diagnostycznych opartych jest na technikach sztucznych sieciach neuronowych [2].

Zakres działania wytworzonej aplikacji pozwala na kompleksową diagnostykę silników ciągników rolniczych *Ursus MF*, stanowiącą istotne wsparcie dla procesu eksploatacji tych maszyn. Sposób budowy programu pozwala na jego modyfikację w przyszłości (np. możliwość diagnozowania innych typów ciągników lub też maszyn, stworzenie ogólnego systemu ekspertowego ze zdefiniowanym formatem danych wejściowych).

#### Literatura

- [1] Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L. (1997). Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte: Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Łódź
- [2] Hertz J., Krogh A., Palmer R. G. (1993). Wstęp do teorii obliczeń neuronowych: WNT, Warszawa
- [3] Mulawka J. (1996), Systemy ekspertowe: WNT, Warszawa
- [4] Bubnicki Z. (1990), Wstęp do systemów ekspertowych. Warszawa: PWN, Warszawa
- [5] Parsaye K., Chignell M. (1988), Expert Systems for Experts. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Humanowski Z. (1990), Użytkujemy ciągniki URSUS MF: PWRiL, Warszawa.