

СТРУКТУРА НА ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ЗА ФУНКЦИОНАЛНА ДИАГНОСТИКА НА ЗЕМЕДЕЛСКАТА ТЕХНИКА

Николай Найденов, Сима Навасардян

Structure of an expert system for functional diagnosis of agricultural machinery.

The structure of an expert system is presented, designed for the needs of agricultural farms and service companies. The structure of a rule based knowledge base and expert system shell are shortly described, which are tailored to the specific needs of fault diagnosis problem. The implementation of the expert system allows the application of cheaper and less resourceful computers. The factors influencing the algorithm management are the confidence factors as well as the cost of diagnostics. Recommendations are also given by the expert system on the operations to be carried out by the service personnel.

Key words: *Agricultural machinery, faults and symptoms, diagnosis, expert systems.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Известна е необходимостта от повишаване ефективността на процесите за контрол и диагностика на земеделската техника чрез приложение на компютърни експертни системи за диагностика. За съжаление, поради високата цена на програмното осигуряване от внос и поради липсата на подходящи бази от знания за диагностика земеделската техника, експертните системи (ЕС) все още не са навлезли в работата на земеделските стопанства и агрофирмите за услуги.

Целта на настоящата работа е да се обоснове и предложи структура на ЕС с подходящ за масово използване софтуер и приложима за земеделската техника база от знания (БЗ). Основни задачи са: **1)** разработване на структура на ЕС; **2)** разработване на структура на базата знания (БЗ) и на механизма за изводи; **3)** подборане на подходящо информационно осигуряване за диагностика.

СТРУКТУРА НА ЕКСПЕРТНАТА СИСТЕМА

При съвременните условия на ускорена иновация на земеделската техника и навлизането на кадри с високо ниво на компютърна грамотност (но с недостатъчен технически опит по диагностика и поддържане), е целесъобразно да се използват интелигентни ЕС. Те се основават на методите и средствата на изкуствения интелект, като се използват знания във вид на правила за вземане на решения, въведени в софтуера на ЕС. Системата съдържа евристични знания, които подпомагат персонала при решаване на диагностични проблеми и съответен механизъм за работа с тези знания с цел получаването на конкретно решение.

Повишеният интерес към прилагането на експертни системи за диагностика, както и порасналите възможности на пазара на програмни продукти доведоха до разпространяването на софтуер за разработването им. Това са езици за представяне на знания и интерпретатори с вграден набор от възможности за реализиране на различни стратегии за избор [Welsh & Wilson, 1987]. Тези универсални черупки обаче имат редица недостатъци, а именно:

1. В универсалните среди (черупки) са вградени много функции, някои от които на практика не се използват често, поради което нараства прекомерно обемът на разработвания продукт, а оттам – с преразход на компютърни ресурси като вътрешна и външна памет. Това обстоятелство не позволява подобни черупки да се използват за потребители с по-скромни възможности на компютрите, като сервизни фирми, земеделски стопанства и др.

2. Предлагащите на пазара черупки за експертни системи са адаптирани продукти на водещи фирми в САЩ и ЕС, поради което са относително скъпи, а потребителският интерфейс не е удобен за диалог на български език.

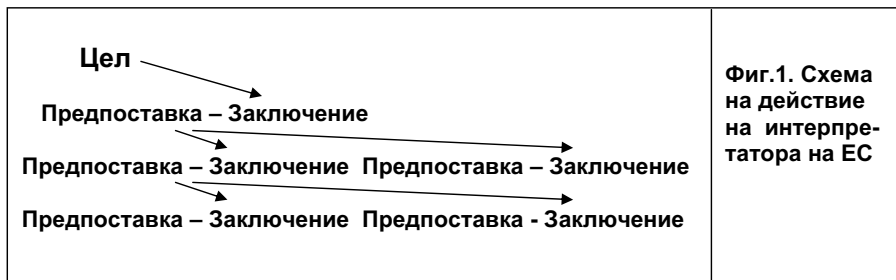
3. Спецификата на задачата налага да се използва унифициран механизъм за извод в процеса на диагностика, включително с възможност за вмъкване на твърдо зададени алгоритми, с какъвто механизъм универсалните черупки не разполагат.

За отстраняване на горните недостатъци е разработена черупка, подходяща за ЕС за функционална диагностика и поддържане на ССТ. При нейното проектиране са отчетени следните изисквания към ЕС: **а)** да има възможност за бързо и лесно съставяне, модифициране и допълване на базата знания (БЗ); **б)** БЗ да се представи във вид на продукционни правила, които включват произволни понятия от предметната област; **в)** интерпретаторът на ЕС да осъществява стратегия на извод "търсене, насочвано от целта", като се отчита неопределеността, както на фактите, така и на продукционните правила – **фиг. 1**; **г)** механизъмът на извода да бъде прозрачен, като се дава обяснение как правилата използват информацията на потребителя, защо са използвани конкретните правила и какви изводи са били направени; **д)** ЕС да има удобен и гъвкав потребителски интерфейс, системата да е разработена на универсален език за програмиране с минимални изисквания за памет и др. [**Проект, 1993**].

Структурата на експертната система за диагностика съдържа четири основни групи елементи – работна памет на системата, група (ядро) от операционни модули, база знания (БЗ) и дисплей за извеждане на резултати.

Операционното ядро се състои от модули за: 1) изчистване на работната памет на системата; 2) четене на файла с правила; 3) извеждане на резултатите; 4) обяснение на извода; 5) извеждане на резултата от консултацията с ЕС. Последният модул включва също под-модул за сортиране на информация и знание.

Петте операционни модула имат входни връзки с работната памет на ЕС. Базата от знания има входни връзки с модулите за четене на файла с правила и за извеждане на резултата. Крайното звено – дисплеят, има входни връзки с модулите за четене на файла с правилата, за обяснение на извода и за извеждане на резултата от диагностичната консултация.



СТРУКТУРА НА БАЗАТА ЗНАНИЯ И МЕХАНИЗМА ЗА ИЗВОДИ

Разработената **БЗ** съдържа: **а)** продукционни правила, въз основа на които се извършва изводът; **б)** въпросите за даден обект, които определят съдържанието на потребителския диалог; **в)** разрешените за даден обект стойности по списък, като на тяхна основа се формира меню за избор в процеса на консултация; **г)** обявяване на даден обект за многозначен.

Тъй като причинно-следствените връзки между дефектите и признаците (симптомите) на земеделската техника имат "размит" характер, базата знания се описва със система от продукционни правила от вида:

АКО (признак **С1**) **ТОГАВА** **А** = {дефект **d1** (коефициент на увереност **K11=...**)
дефект **d2** (коефициент на увереност **K12=...**)};

АКО (признак C_2) ТОГАВА $A = \{ \text{дефект } d_1 (\text{коэффициент на увереност } K_{21} = \dots), \text{дефект } d_2 (\text{коэффициент на увереност } K_{22} = \dots), \dots \}$;

където C_1, C_2, \dots, C_n са проявилите се признаци на машината (агрегата);

d_1, d_2, \dots, d_m са възможните дефекти, причинили тези признаци;

K_{ij} е коэффициентът (функцията) на увереност за възможността, признакът C_j да се дължи на дефекта d_i .

Стойността на *коэффициента на увереност* K_{ij} може да бъде между **0** (не е възможно i -ия дефект да е причина за появяването на симптома j) и **1,0** (абсолютна увереност, че този симптом се проявява, когато в машината има дефект i).

БЗ е организирана като текстови файл, улесняващ създаването, настройването и актуализирането ѝ. Структурата на БЗ включва:

1) въпроси към обекта: **ВЪПРОС < ОБЕКТ > = < ТЕКСТ НА ВЪПРОСА >**.

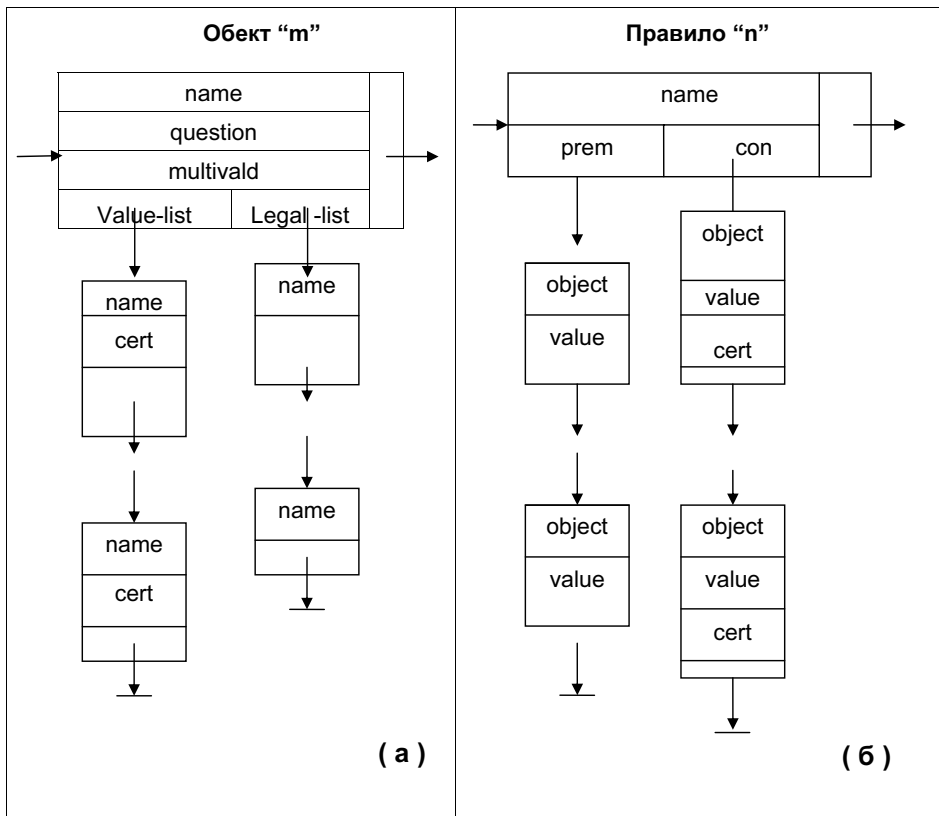
Например: **въпрос (C1) = Има ли чукане в лагерите при пълно натоварване?**

2) разрешени стойности на обектите:

РАЗРЕШЕНО < ОБЕКТ > = < СТОЙНОСТ 1 >, < СТОЙНОСТ 2 >, ...

Например: разрешено (C1) = да, не

За **вътрешно представяне на БД** се използва списъчна структура. Формират се два основни списъка - на обектите (**Фиг. 2 – а**) и на правилата (**Фиг. 2 – б**).



Фиг.2. Структура на вътрешно представяне на обектите (а) и правилата (б) в базата от знания на експертната система.

Всеки възел от списъка на обектите съдържа следната информация за обекта: име на обекта (**name**); въпрос към обекта (**question**); тип многозначност на обекта (**multivalid**); указател към началото на списък на значенията (**value-list**); указател към началото на списък на разрешените стойности на обекта (**legal-list**). Всеки възел от указателя **value-list** съдържа информация за стойността на значението (**name**), коефициента на увереност за него (**cert**) и указател към следващото значение на обекта (**next**). Всеки възел от указателя **legal-list** дава информация за големината на разрешената стойност и указател към следващата разрешена стойност (**next**).

След обработка на обект „**m**” се преминава към обработка на обект „**m+1**” и т.н.

Всеки възел от списъка на правилата съдържа информация за: име на правилото (**name**); указател към началото на списък от предпоставки (**prem**); указател към началото на списък от заключения (**con**); указател към следващото правило от списъка (**next**). Всеки възел от списъка на предпоставките съдържа информация за името на обекта (**object**), стойността му (**value**) и указател към следващата предпоставка (**next**). Всеки възел от списъка на заключенията съдържа информация за името на обекта, стойността му, коефициента на увереност за заключението (**cert**) и указател към следващото заключение от списъка (**next**).

След обработка на правило „**n**” се преминава към правило „**n+1**” и т.н.

Механизмът на извода се основава на записаните продукционни правила, като по този начин се формира пространството за търсене на решение за ЕС. Интерпретаторът обхожда списъка от правила и търси това правило, което съдържа “обекта – цел” в дясната част на предпоставката си. Процесът продължава, докато се получи значение на зададения “обект – цел”.

Като резултат от консултацията на дисплея на компютърната система се извеждат всички намерени стойности на обекта (дефекти на диагностираната система или възел на машината), подредени в намаляващ ред на коефициента на увереност **K_{i,j}**, след което управлението на ЕС се връща в основното меню.

ИНФОРМАЦИОННО ОСИГУРЯВАНЕ НА ЕКСПЕРТНАТА СИСТЕМА

Информационното осигуряване се състои от: 1) списъци за типичните дефекти и симптоми на *дизеловите двигатели и на хидравличните системи за навесната система и за кормилното управление* на земеделска техника [Найденев, 2009]; 2) матрица **K** за коефициентите на увереност на *причинно–следствените връзки между дефектите и симптомите* (признаците) за влошено състояние [Найденев, 2009]; 3) разходите за провеждане на отделните диагностични операции [оект].

Номенклатурата по информационно осигуряване (1) и (2) включва 20 дефекта и 26 признака (симптома) за техническо състояние на дизелови двигатели от трактори и комбайни. За хидравличната навесна система са изследвани 15 дефекта и 18 симптома, а за кормилното управление – 5 дефекта и 7 симптома.

Експертната система може да се използва както при операциите по диагностика за отстраняване на откази, така и при планова диагностика преди периодични технически прегледи. Организацията на диалога между потребителя и ЕС позволява да се конкретизира от БЗ характерът, мястото и условията за проявяване на конкретния симптом. Диалогът протича в следната последователност: **1)** задаване на насочващи въпроси от ЕС към потребителя за извършване на предварителни операции с цел изявяването на допълнителни признаци и повишаване точността на диагнозата; **2)** установяване от ЕС на множеството от възможни дефекти, задаване на допълнителни въпроси, окончателна диагноза; **3)** препоръка за необходимите технологични операции и последователността за отстраняване на дефектите, подходящо оборудване и др.

Основа за управлението на процеса по търсене на дефекта при консултации с ЕС след проявяване на признака j са коефициентите на увереност $K_{i,j}$ и трудопоглъщането за диагностика (откриване на дефекта) T . Последователността на търсене, изразена в автоматичното превключване към диалога за следващия "най-възможен и най-лесен за откриване дефект" се определя на всяка поредна стъпка от консултацията по критерия:

$$T_i / K_{i,j} \rightarrow \min, \quad (1)$$

където i са номерата на дефектите от множеството непроверени до момента дефекти.

Чрез фактора трудопоглъщане T за откриване на отказа се разграничават по същество дефектите, които се намират по периферията на диагностицирания агрегат (например двигателя) от дефектите, намиращи се в дълбочина на обекта на диагностика. Първия вид дефекти се откриват обикновено без сложни диагностични процедури и се отстраняват чрез несложен текущ ремонт, докато за диагностициране на вторите е необходим алгоритъм за ресурсна диагностика.

В алгоритмите за диагностика е заложено използването основно на уреди от типа на ръчно-преносимите комплекти и на такива за функционална диагностика. Информационното осигуряване за диагностика във вид на матрица за коефициенти на увереност за причинно-следствените връзки "дефект – признак" [Найденев, 2009] може да се използва и без компютърна система. За целта се подготвя справочник за алгоритмите и базите знания за диагностика и отстраняване на дефектите, чието използване би било подходящо за приложение в базите за ремонт и поддържане на по-малки по размер земеделски стопанства и фирми за сервизни услуги.

ОСНОВНИ ИЗВОДИ

1. Разработена е усъвършенствана среда (черупка) за експертна система за техническа диагностика с унифициран механизъм за извод в процеса на диагностика, при който има възможност да се вмъкнат и твърдо зададени алгоритми, а интерпретаторът осъществява стратегия на извод "търсене, насочвано към целта" с отчитане неопределеността на фактите и на продукционните правила.
2. Приложен е усъвършенстван подход за последователност на търсене на дефекта, чрез автоматичното превключване към диалога за следващия "най-възможен и най-лесен за откриване дефект" въз основа на минималното съотношение между трудопоглъщането T за откриване на дефекта и коефициента на увереност $K_{i,j}$ за причинно-следствената връзка между прогнозирания дефект и проявилите се признак за техническо състояние на машината.

ЛИТЕРАТУРА

1. Найденев, Н. (2009), Симптоми за влошено състояние и дефекти на земеделската техника, Механизация на селското стопанство, 1.
2. Найденев, Н. (2009), Изследване на причинно-следствените връзки между дефекти и симптоми на земеделската техника, Селскостопанска техника, 5.
3. Проект ТН-50/91 (1993), Изследване на техническо и информационно осигуряване на сервиза на земеделската техника в условията на частно и дребно-кооперативно земеделие, Отчет НФНИ, Русе, (ръководител Н. Найденев).
4. Селъцер, А. (1989), Обнаружение и устранение неисправностей тракторов, Москва.
5. Welsh R. & Wilson, B. (1987), *Expert system shells: Tools to aid human performance*, Journal of Instructional Development. Springer: New York

За контакти:

Доц. д.т.н. Николай Найденов, катедра „Бизнес и мениджмънт“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.: 082/888 520, e-mail: nnaydenov@ru.acad.bg
Sima Navassardian, Lecturer, Rotherham College of Arts & Technology, Rotherham, S65 1EG, UK, e-mail: snavassardian@rotherham.ac.uk

Докладът е рецензиран.