

ДИАГНОСТИЧНИ ЕКСПЕРТНИ СИСТЕМИ ЗА ИНТЕЛИГЕНТНО СЕЛСКО СТОПАНСТВО

Венета Табакова-Комсалова, Станимир Стоянов,
Ася Стоянова-Дойчева, Любка Дуковска

Резюме. В статията са дадени дефиниция, предназначение и обща архитектура на експертни системи за диагностика. Разгледана е възможна технология за реализиране на такъв тип системи, базирани на знания. Подробно се разглеждат основните компоненти на референтна архитектура на диагностична експертна система. Представени са две конкретни диагностични системи, които са в процес на разработка. Системите са предназначени за използване в приложения за интелигентно селско стопанство.

Ключови думи: изкуствен интелект, експертни системи.

Експертна система за диагностика – дефиниция и предназначение

Експертните системи (ЕС) за определена предметна област могат да се вземат, събират и променят знания, да извеждат нови знания, да намират решение на различни практически задачи въз основа на съществуваща база знания. Те са софтуерен продукт, разработен за решаване на определени видове проблеми, изразени чрез неалгоритмична експертиза. Могат вместо хората да вземат решения, да планират, конфигурират и предоставя различни услуги. Един от най-разпространените ЕС са диагностичните. Тяхната роля е да помагат на експерти в определена област при изготвянето на диагнози. Като такива една експертна система може да симулира преценката и поведението на човек с експертни познания и опит в определена област [1]. Експертните системи обикновено са предназначени допълват, а не да заменят хората-експерти. Обикновено архитектурата на една експертна се състои от два базови компонента: машина за извод (независима от проблемната област) и база знания (променлива, зависима от областта на експертиза). За комуникация с потребителите системите използват допълнително потребителски интерфейс. Обикновено, специализираните знания се представят (моделират) като IF ...

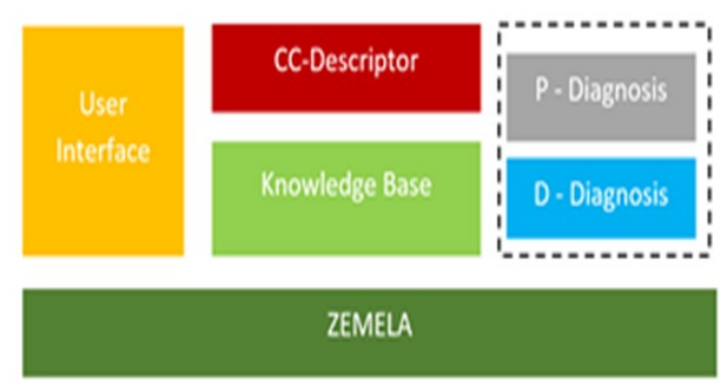
THEN ... правила, където IF-частта е условие, а THEN-част е следствие. Машината за извод селектира и активира подходящи за решаване на конкретния случай правила.

Различни видове експертизи могат да се използват за подготовка на експертните системи в условията на интелигентно селско стопанство. Напр., за диагностициране на заболявания по земеделските култури в [2] се дискутира използването на експертни системи. В [3] се подчертава, че използването на размити логик в селскостопанската диагностика са важен инструмент за прогнозиране и решаване на съществени проблеми на селскостопанската индустрия, като напр., управление на храненето, устойчиво земеделие и обеззаразяване.

През пролетта на 2021 г. стартираха Национална научна програма „Интелигентно земеделие“ и Национална научна програма „Интелигентно животновъдство“. Една от целите в програмите е да се разработи платформа, наречена ЗЕМЕЛА, която ще предоставя методи и инструменти за поддръжка за моделиране на сценарии и процеси в областта на интелигентното земеделие и животновъдство. Един от базовите компоненти на платформата са двете диагностични експертни системи, представени в тази статия.

Референтна архитектура на диагностична ЕС

Референтна архитектура на ЕС (фигура 1) се състои от две основни подсистеми. Първата, въз основа на наблюдавани (и извлечени) симптоми генерира хипотеза за възможно отравяне, наричаме я P-Diagnosis. Втората трябва да провери предоставената хипотеза, като използва точни и обективни данни (получени от поставени върху животни сензори и от клинични лаборатории), наричаме я диференциална диагноза D-Diagnosis. Архитектурата включва следните базови компоненти:



Фигура 1. Референтна архитектура

База знания. Фактите в базата се предоставят от хората-експерти. Често в базата знания се съхраняват знания, придобити от други външни източници. Основни структури, използвани за представяне на специфичните за домейна знания са фрейми и правила. Правилата поддържат две стратегии, реализирани от машината за извод – *свързване напред и свързване назад*.

CC Descriptor. Областта, в която се записва актуална информация за даден конкретен случай за диагностициране, т.е. съхраняват се симптомите. Симптомите могат да се извличат от различни източници, като напр. директни наблюдения на фермерите (видими симптоми), измерени стойности (извлечени от сензорни устройства, монтирани на животните или сензорни мрежи, разположени в открити площи или оранжерии) – наричаме ги измерени симптоми (данни) или данни специализирани лаборатории – наричаме ги лабораторни данни (симптоми).

Машина за извод. Активира селектирани правила, които са приложими за решаване на конкретния случай, представен в CC Descriptor. Машината за извод работи в два режима – свързване напред (за P-Diagnosis) и свързване назад (за D-Diagnosis). Като резултат машината за извод генерира хипотеза за диагноза (P-Diagnosis) или верифицира хипотеза за диагноза (D-Diagnosis).

Потребителски интерфейс. Това е частта от ЕС, с която крайните потребители взаимодействат, за да получат отговор на своя въпрос или проблем. Знанията първо се въвеждат от човешки експерт и след това се обработват от експертната система. По този начин потребител, който не е експерт в дадена област може да направи запитване към системата и да получи отговор. Чрез потребителският интерфейс се въвеждат предимно наблюдаеми симптоми за представяне на изводите от диагностиката. Той е модул, анализиращ степента на използваемост на интелигентните (в случая експертни) системи. В нашия проект (като интегрална част на платформата ЗЕМЕЛА) отличителна характеристика е реализирането на потребителския интерфейс като персонални асистенти за заинтересованите фермери и ветеринарни лекари.

Обяснителен компонент. Този компонент, при необходимост, трябва да е в състояние да обясни на потребителя пътя, по който е стигнал до решението (напр., съмнения в хипотезата на системата). За тази цел в този модул се води подробен протокол на работата на системата.

Допълнителни модули. Към експертната система, при необходимост, мога да се обединят интерфейси към външни бази данни, автоматизирани лаборатории, метеосистеми и други.

Технология за реализиране и представяне на знанието

Основната работа при разработването на ЕС е изграждането на Базата знания (КВ). От първостепенно значение е изборът на представяне на знанията. Знанията, според изкуствения интелект, които се използват за диагностициране на отравяне на преживни животни, са знания на здравия разум. За моделиране на такива знания подходящи форми са семантичните мрежи (онтологии), правила и фрейми. За привеждане в действие на експертни системи ние сме избрали развойната среда Flex 8000 [4]. Тази среда е софтуерна система, специално проектирана да улеснява създаването на експертни системи, която е реализирана на езика за логическо програмиране Пролог. Flex е многофункционална система и може да изпълнява повечето от процедурите, необходими за изграждане на базирани на знания системи.

Представянето на знанията в нашата база знания се осъществява чрез комбинация от правила и фрейми. При работата с правила се използват два подхода. В нашия случай прилагаме Forward Chaining (правилата се наричат производствени правила) – машината за извод е внедрена на мета-ниво над интерпретатора на Prolog. Т.е. различните симптоми, които разпознаваме ще ни помогнат да допуснем определена хипотеза.

Диагностични системи

Националната научна програма „Интелигентно растениевъдство“ (ННП-ИР) има като основната цел провеждане на фундаментални и приложни научни изследвания за създаване на модели за роботизирани технологии, дигитални методи за диагностика и прогноза, както и за цифрово управление на земеделски стопанства с растениевъдно направление за осигуряване на устойчива и ефективна продоволствена система. Във връзка с това ние започнахме разработката на ЕС за диагностика на заболявания при селскостопанските култури.

Обществените предизвикателства, към които е насочена Националната научна програма „Интелигентно животновъдство“, са посрещане на нуждата от надграждане на съществуващи познания, създаване на нови знания и въвеждане на иновативни модерни практики, които ще га-

рантират устойчивост и конкурентоспособност на животновъдите и възможност за обмен на опит, знания и развитие на учени и специалисти, ангажирани в сферата на българското животновъдство. Мониторинг на здравето и хуманното отношение към животните е едно от направлението в нея. За това ние се насочихме към изграждането на ЕС за диагностика на отравяния при селскостопанските животни.

Отравяния – проблематика при селскостопанските животни

Обикновените хора и учените под отрова разбират вещество, което причинява заболяване, причинява смърт на хората и животните, понякога и на растенията, разрушава живия организъм, нарушава взаимодействието между околната среда и организма. За отровите може да се говори само, когато има живи същества, върху които да въздействат. Като отрова може да се разглежда всяко химично вещество при условие, че след като взаимодейства с организма, в него настъпват болестни състояния. Само с плесени съществуват над 40 вида отравяния наблюдавани при селскостопанските животни. За действието на отровите върху организма важно практическо значение имат микотоксикозите по домашните животни, предизвикани от р. *Fusarium*, р. *Stachybotrys* и от р. *Aspergillus*.

Симптоми при отравянията

Симптомите или клиничните признаци при различните видове отравяния са много разнообразни. Разнообразието идва от множеството токсични вещества, тяхното естество, физико-химичните им свойства, чувствителността на животните към отровите и редица други фактори. Появата на клиничните симптоми, последователността им и активността им имат голяма значимост за поставянето на правилна диагноза, за протичането и изхода на отравянето.

В зависимост от развитието, отравянията преминават в остра и хронична форма. Клиничните признаци при острите отравяния се изразяват обикновено в симптоми на храносмилателната, нервната, дихателната, сърдечно-съдовата системи и др. Те могат да се групират в абстрактни класове.

База знания на ЕС (свързване напред). Тук представяме част от базата знания на ЕС описани на езика KSL (Knowledge Specification Language). Чрез него са представяме симптомите, които наблюдаваме, като: стомашно-чревна неразположение, нервно неразположение,

сърдечно-съдови симптоми и др. които са признаци за възможно отравяне от „Житен фузариум“. По този начин след въвеждането на наблюдаваните от фермера симптоми се задейства машината за извод и се поражда хипотеза за възможно отравяне.

```
rule fusarium1
```

```
    if   the gastrointestinal are {diarrhea, thirst, odor}
    and   nervousness are {staggering, lying_down}
    then  the poisoning's kind becomes
          'FUSARIUM SPOROTRICHELLA'.
```

```
rule fusarium2
```

```
    if   the poisoning's kind is unknown
    and   [the cardiovascular is rapid_pulse
    or    the cardiovascular is rapid_breathing]
    and   [gastrointestinal are {vomiting, thirst, odor}
    and   nervousness are {staggering, uncertain_movements}]
    then  the poisoning's kind becomes 'FUSARIUM GRAMINEARUM'.
```

База знания на ЕС (свързване назад)

```
relation suggest_poisoning( fusarium1 )
```

```
    if   the gastrointestinal are {diarrhea, thirst, odor}
    and   nervousness are {staggering, lying_down}
```

```
relation suggest_poisoning( fusarium2 )
```

```
    if   the poisoning's kind is unknown
    and   [the cardiovascular is rapid_pulse
    or    the cardiovascular is rapid_breathing]
    and   [gastrointestinal are {vomiting, thirst, odor}
    and   nervousness are {staggering, uncertain_movements}]
```

Машина за извод

```
action run( Diagnosis ) ;
```

```
    if Diagnosis is pd then
    run_pdiagnosis
    else
        if Diagnosis is dd then
            run_ddiagnosis
        else
            fail
        end if
```

```
end if.
action run_pdiagnosis;
% В нашия случай сме направили свързване напред pdiagnosis
do restart
% Зачиства CC-Descriptor (работната област)
and ask attributes
/* attributes е идентификатор на въпроса,
стартира диалог с потребителя
и в този диалог създава настоящия CC-Descriptor */
and invoke ruleset identify % identify име на БЗ
and write(poisoning's kind)
and nl.
ruleset identify
contains identity_rules;
% identity_rules множество правила
update ruleset by removing each selected rule.
/*update ruleset дава стратегията по която работи машината*/
group identity_rules
fusarium1, fusarium2.
```

Ние сме избрали стратегия, при която когато се приложи едно правило, то повече не се избира за прилагане.

Потребителски интерфейс. Тъй като, не знаем предварително какви симптоми е наблюдавал животновъдът или ветеринарният лекар не трябва да допускаме задаването на вече зададени въпроси. Това е не особено интелигентен интерфейс.

```
question attributes
Какви групи симптоми наблюдавате?;
choose some of attribute_types.
group attribute_types
gastrointestinal, nervousness,
mouth_nostrils_eyes, cardiovascular.
question gastrointestinal
Какво знаете за групата симптоми: gastrointestinal?;
choose some of gastrointestinal_types.
group gastrointestinal_types
diarrhea, vomiting, thirst, odor.
```

question nervousness

Какво знаете за групата симптоми: nervousness?;
choose some of nervousness_types.

group nervousness_types

staggering, lying_down, unsteady_movements.

question mouth_nostrils_eyes

Какво знаете за групата симптоми: mouth, nostrils and eyes?;
choose some of mouth_nostrils_eyes_types.

group mouth_nostrils_eyes_types

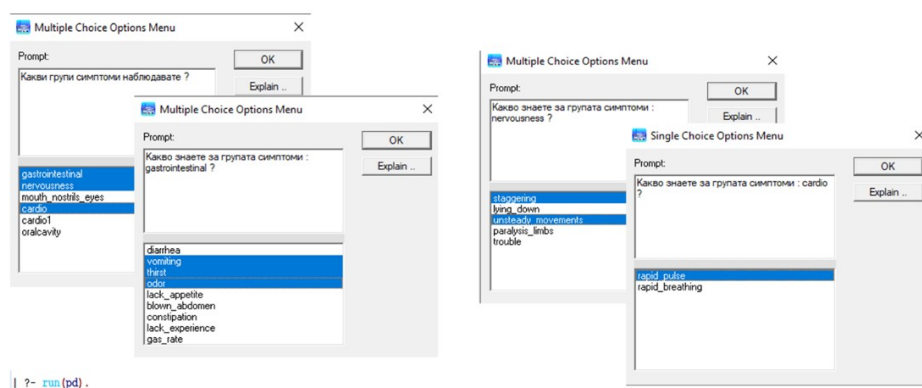
otitis, ulcers, redness, blisters.

question cardiovascular

Какво знаете за групата симптоми: cardiovascular?;
choose some of cardiovascular_types.

group cardiovascular_types

rapid_pulse, rapid_breathing.



Фигура 2. Потребителски интерфейс на конкретния пример

Конкретна сесия от работата на експертната система е дадена на фиг. 2. В случая системата очаква потребителя да въведе групите към които принадлежат наблюдаваните от него симптоми. След което системата очаква от потребителя последователно да въведе конкретната симптоматика за всяка група. На базата на получената информация системата генерира хипотеза за възможно отравяне.

Заклучение

В тази статия представяме експертната система, като компонент на платформа ЗЕМЕЛА за интелигентно земеделие. Моделът на системата е създаден на езика KSL (Knowledge Specification Language), който

е надстройка над езика за логическо програмиране Пролог. Експертната система е в състояние да генерира предварителна и диференциална диагноза. В представената версия на системата е внедрен модулът за предварителна диагноза.

На базата на представената експертна система разработваме концепция за адаптиране на референтната архитектура за изграждане на експертна система, целяща да диагностицира възможни болести при земеделските култури.

Благодарности

This work is supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science under the National Research Program “Smart crop production” approved by Decision of the Ministry Council No. 866/26.11.2020 and partially supported by the Scientific Research Fund under Grant No. KP-06-X36/2, project BG PLANTNET “Establishment of National Information Network GenBank – Plant genetic resources”.

Литература

- [1] I. Gupta, G. Nagpal, *Artificial Intelligence and Expert Systems*, Mercury Learning and Information, USA, 2020.
- [2] M. Deepthi, D. Sreekantha, Application of expert systems for agricultural crop disease diagnoses – A review. *International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)*, 2017, 222-229, doi:10.1109/ICICCT.2017.7975192.4.
- [3] A. Senthil Kumar, M. Kalpana, *Fuzzy Expert Systems and Applications in Agricultural*, 2020, IGI Global.
- [4] Flex Expert System Toolkit, Copyright © 2021 Logic Programming Associates Ltd.

Венета Табакова-Комсалова^{1,*}, Станимир Стоянов²,

Ася Стоянова-Дойчева³, Любка Дуковска⁴

^{1,2,4} Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

Факултет по математика и информатика,

бул. „България“ 236, Пловдив, България

^{1,2,3,4} ИИКТ – Българска академия на науките, София, България

Автор за кореспонденция: v.komsalova@uni-plovdiv.bg

DIAGNOSTIC EXPERT SYSTEMS FOR INTELLIGENT AGRICULTURE

Veneta Tabakova-Komsalova, Stanimir Stoyanov,
Asya Stoyanova-Doycheva, Lyubka Doukovska

Abstract. *This article provides a definition, purpose and general architecture of diagnostics expert systems. A possible technology for implementing such type of knowledge-based systems is considered. The main components of a reference architecture of diagnostic expert systems are discussed in detail. Two specific diagnostic systems under development are presented. Both systems are designed for use in smart agriculture applications.*

Key Words: artificial intelligence, expert systems.