



中南大學

CENTRAL SOUTH UNIVERSITY

知识工程 (课程论文)

题 目	动物识别专家系统
学生姓名	孙重豪
学 号	8207191520
专业班级	智能科学与技术 1902
学 院	自动化学院

本科生院制

2021 年 10 月

知识工程课程论文

摘要

专家系统实质上是一段计算机程序，它能够以人类专家的水平完成特别困难的某一专业领域的任务。在设计专家系统时，知识设计者的任务就是使计算机能够尽可能模拟人类专家解决实际问题的决策和工作过程，即模仿人类专家如何运用他们的知识和经验来解决所面临问题的方法、技巧和步骤。基于本学期对知识工程课程的学习和相关文献的查阅，我在 Java 编程环境下构造了一个简单的动物识别专家系统，并且具体介绍了其功能结构、设计过程及实现结果等，这是我学习专家系统知识过程中的一次重要实践。

关键词： 专家系统 动物识别 推理机器 规则库 Java

目录

一、引言	2
二、系统的结构和功能	3
2.1 系统结构概述	3
2.1.1 规则库	3
2.1.2 推理机	3
2.1.3 综合数据库	4
2.1.4 控制系统	4
2.2 系统功能概述	4
2.3 系统特点概述	5
三、系统的设计过程	5
3.1 动物知识库	5
3.2 设计思想	7
3.3 推理流程	7
3.4 程序设计	8
3.4.1 规则库、目标集、数据库的建立	8
3.4.2 推理机的设计和实现	9
四、系统的实现效果	10
4.1 主界面	10
4.2 推理过程	10
4.3 规则库操作	11
五、结束语	12
参考文献	12

一、引言

所谓专家系统(EXPERT SYSTEM)就是利用存储在计算机内的某一特定领域内人类专家的知识,来解决过去需要人类专家才能解决的实际问题的计算机系统。专家系统就是对传统的人工智能问题中智能程序设计的一个非常成功的近似解决方法,其内部含有大量的某个领域专家水平的知识与经验,能够利用人类专家的知识 and 解决问题的方法来处理该领域问题。也就是说,专家系统是一个具有大量的专门知识与经验的程序系统,它应用人工智能技术和计算机技术,根据某领域一个或多个专家提供的知识和经验,进行推理和判断,模拟人类专家的决策过程,以便解决那些需要人类专家处理的复杂问题,简而言之,专家系统是一种模拟人类专家解决领域问题的计算机程序系统。

医学专家能够针对不同的症状,做出恰当的诊断并开据处方。其他领域专家,依据他们的学识,依据他们在各自经历中积累起来的经验和练就的本领,可以解决现实的许多问题。那么,如何应用人工智能日趋成熟的各种技术,将专家的知识 and 经验以合适的形式存入计算机,利用类似专家的思维规则,对事例的原始数据,进行逻辑或可能性的推理、演绎,并做出判断和决策,这就是专家系统的任务。从结构角度来看,专家系统是一个由存放专门领域知识的知识库,以及由一个能选择和运用的推理机制组成的计算机系统。

专家系统与传统程序的根本区别在于前者使知识库和运用知识的推理机制相互独立。从程序设计方法学的角度来看,传统程序的设计方法可以写成:

$$\text{数据} + \text{算法} = \text{程序}$$

而专家系统的设计方法为:

$$\text{知识} + \text{推理} = \text{系统}$$

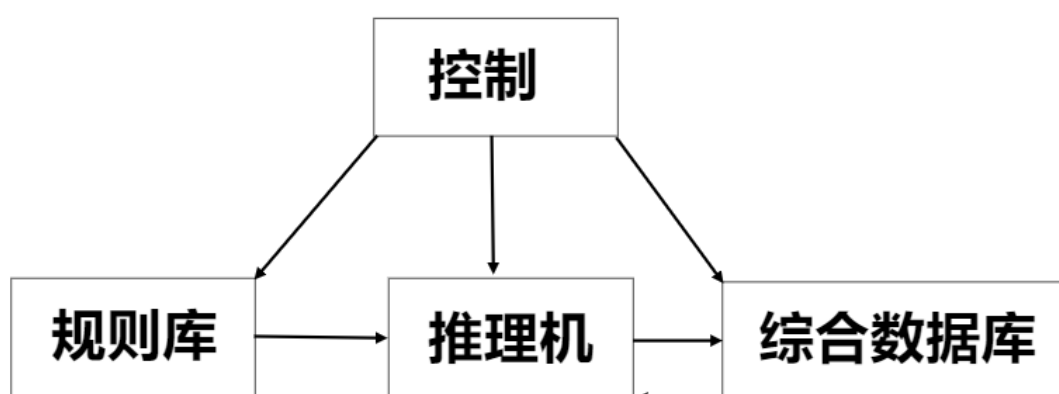
与传统程序相比,专家系统更专门、更特殊。传统程序通过算法对大量的数据进行积累和处理,使繁琐的事务处理自动化。

一个完整的专家系统应包括:知识库、数据库、推理机、知识获取、解释和用户接口几个部分。动物识别专家系统是一种分析型的产生式系统,它用产生式规则来表示知识,其知识库中存有 15 条规则,每个规则由条件和结论两部分构成。动物识别专家系统规模甚小,但是其基本设计思想对理解或建造其它大型的专家系统具有很强的借鉴作用。

二、系统的结构和功能

2.1 系统结构概述

产生式系统是专家系统的基础，专家系统就是从产生式系统的发展而成的。基于规则的专家系统是一个计算机程序，该程序使用一套包含在知识库内的规则对工作存储器内的具体问题信息(事实)进行处理，通过推理机的推断出新的信息。下图表示一个基于规则的专家系统家里产生式系统模型的功能模块。



2.1.1 规则库

规则库用来存放专家提供的规则。专家系统的问题求解过程是通过规则库中的规则来模拟专家的思维方式的，因此，规则库是专家系统质量是否优越的关键所在，即规则库中规则的质量和数量决定着专家系统的质量水平。一般来说，专家系统中的规则库与专家系统程序是相互独立的，用户可以通过改变、完善规则库中的规则内容来提高专家系统的性能。

2.1.2 推理机

推理机是针对当前问题的条件或已知信息，反复匹配知识库中的规则，获得新的结论，以得到问题求解结果。

规则是已知数据库，存储特定问题领域的规则，工作存储器是输入所需判断的事实，推理机工作原理就是产生式系统的问题求解过程及对解空间的搜索过程，也就是推理过程。在设计时针对某具体问题，规则为已知，设计者根据规则设计推理机。

推理过程按照搜索方向可以把产生式系统分为正向推理、逆向推理和双向推理。本设计采用的是正向推理过程，下面主要介绍正向推理过程。

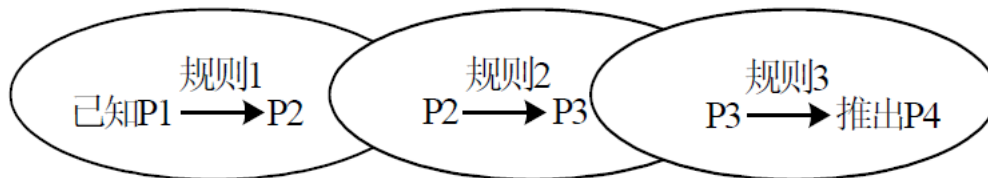
正向推理从一组表示事实的谓词或命题出发，使用一组产生式规则，用以证明该谓词公式或命题是否成立。设有下列规则集合 R1~R3:

R1: $P1 \rightarrow P2$

R2: $P2 \rightarrow P3$

R3: $P3 \rightarrow P4$

其中, $P1$, $P2$, $P3$ 和 $P4$ 为谓词公式或命题。设总数据库中已存在事实 $P1$, 则应用规则 R1, R2, R3 进行正向推理。其推理过程如下图示:



2.1.3 综合数据库

又称为事实库、上下文、黑板: 一个用于存放问题求解过程中各种当前信息的数据结构。

2.1.4 控制系统

又称推理机构: 由一组程序组成, 负责整个产生式系统的运行, 实现对问题的求解。

2.2 系统功能概述

根据定义, 专家系统应具备以下几个功能:

- (1) 存储问题求解所需的知识。
- (2) 存储具体问题求解的初始数据和推理过程中涉及的各种信息, 如中间结果、目标、字母表以及假设等。
- (3) 根据当前输入的数据, 利用已有的知识, 按照一定的推理策略, 去解决当前问题, 并能控制和协调整个系统。
- (4) 能够对推理过程、结论或系统自身行为作出必要的解释, 如解题步骤、处理策略、选择处理方法的理由、系统求解某种问题的能力、系统如何组织和管理其自身知识等。这样既便于用户的理解和接受, 同时也便于系统的维护。
- (5) 提供知识获取, 机器学习以及知识库的修改、扩充和完善等维护手段。只有这样才能更有效地提高系统的问题求解能力及准确性。
- (6) 提供一个用户接口, 既便于用户使用, 又便于分析和理解用户的各种要求和请求。

这里强调指出, 存放知识和运用知识进行问题求解是专家系统的两个最基本的功能。

2.3 系统特点概述

专家系统是一个基于知识的系统，它利用人类专家提供的专门知识，模拟人类专家的思维过程，解决对人类专家都相当困难的问题。一般来说，一个高性能的专家系统应具备如下特征：

(1) 启发性。不仅能使用逻辑知识，也能使用启发性知识，它运用规范的专门知识和直觉的评判知识进行判断、推理和联想，实现问题求解。

(2) 透明性。它使用户在对专家系统结构不了解的情况下，可以进行相互交往，并了解知识的内容和推理思路，系统还能回答用户的一些有关系统自身行为的问题。

(3) 灵活性。专家系统的知识与推理机构的分离，使系统不断接纳新的知识，从而确保系统内知识不断增长以满足商业和研究的需要。

三、系统的设计过程

3.1 动物知识库

本系统是动物识别专家系统。从本质上讲此系统用于对动物进行分析和分类，它接受一组已知的事实，然后作出相应的结论。以下是本系统设计时用到的 15 条规则。

规则 1：如果：动物有毛发，

则：该动物是哺乳动物

规则 2：如果：动物有奶，

则：该单位是哺乳动物

规则 3：如果：该动物有羽毛，

则：该动物是鸟

规则 4：如果：动物会飞，且会下蛋，

则：该动物是鸟

规则 5：如果：动物吃肉，

则：该动物是肉食动物

规则 6：如果：动物有犬齿，且有爪，且眼盯前方，

则：该动物是食肉动物

规则 7：如果：动物是哺乳动物，且有蹄，

则：该动物是有蹄动物

规则 8：如果：动物是哺乳动物，且是反刍动物，

则：该动物是有蹄动物

规则 9: 如果: 动物是哺乳动物, 且是食肉动物, 且是黄褐色的, 且有暗斑点,
则: 该动物是豹

规则 10: 如果: 动物是黄褐色的, 且是哺乳动物, 且是食肉动物, 且有黑条纹,
则: 该动物是虎

规则 11: 如果: 动物有暗斑点, 且有长腿, 且有长脖子, 且是有蹄类,
则: 该动物是长颈鹿

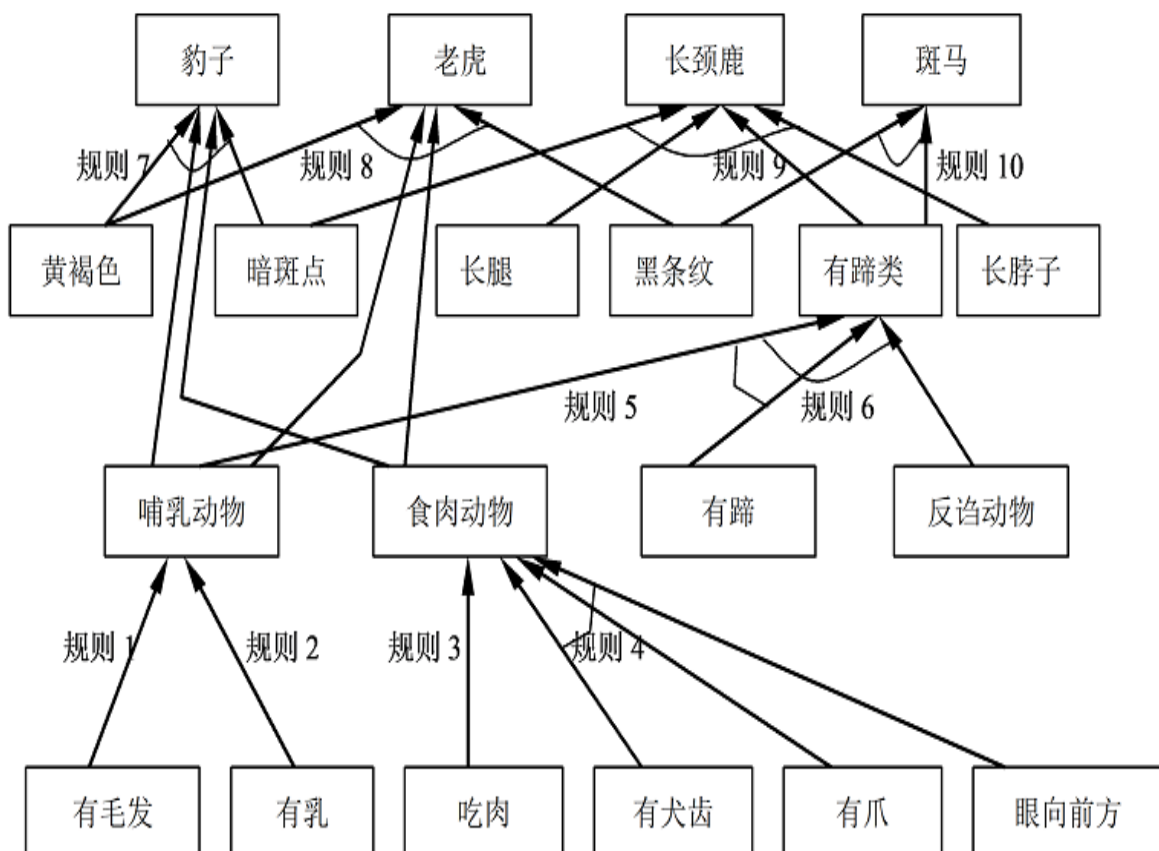
规则 12: 如果: 动物有黑条纹, 且是有蹄类动物,
则: 该动物是斑马

规则 13: 如果: 动物有长腿, 且有长脖子, 且是黑色的, 且是鸟, 且不会飞,
则: 该动物是鸵鸟

规则 14: 如果: 动物是鸟, 且不会飞, 且会游泳, 且是黑色的,
则: 该动物是企鹅

规则 15: 如果: 动物是鸟, 且善飞,
则: 该动物是信天翁

下图是由上述规则绘制的规则图, 清楚地体现出了各规则之间的关系。



3.2 设计思想

该专家系统的设计思想是在进行分类时总是先用少量的观察把哺乳动物与鸟类分开，然后在哺乳动物或鸟类中继续区分出主要的类别。依次类推，在主要的类别中分出子类别等等，这种做法可以采用正向的推理，使用二叉树的方法解决比较方便。

正向推理的详细处理过程如下：

- (1) 断言一个事实。
- (2) 使事实与某个规则的前提相匹配。
- (3) 完成事实和前提的合一替换。
- (4) 把替换应用与规则的结论。
- (5) 断言结果，并把它应用于进一步的推理。
- (6) 重复步骤(1)到(5)。

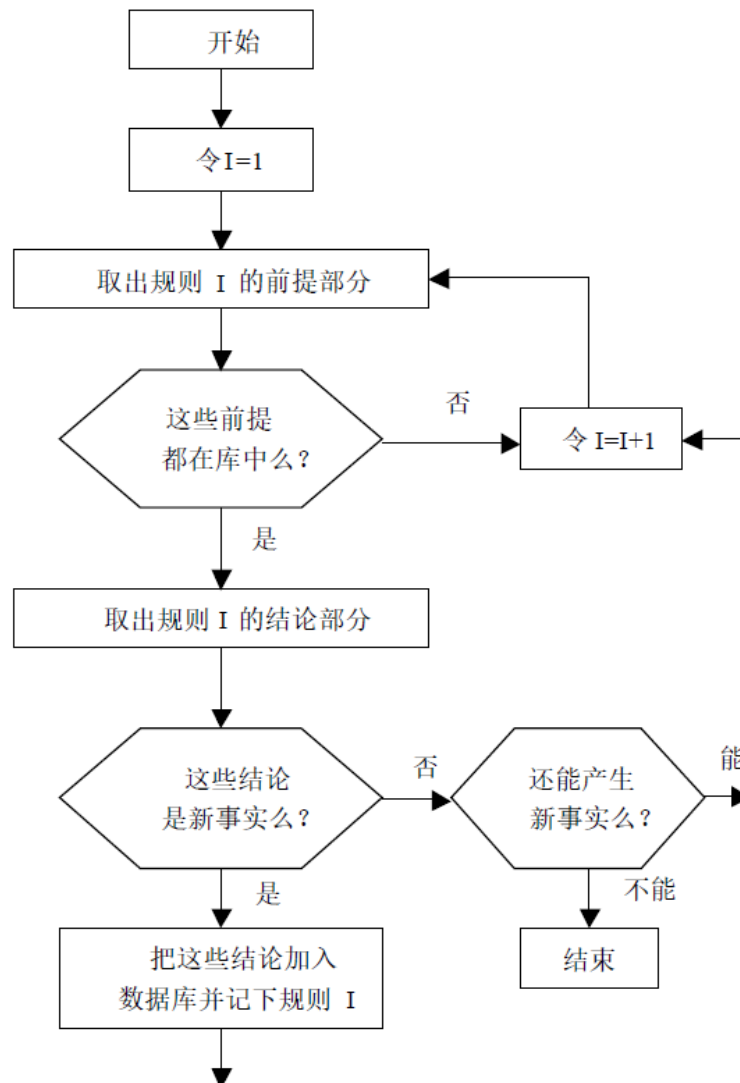
从上述算法来看，好像问题很简单，然而事实上，问题要比想象的复杂的多。比如，根据当前状态在知识库中选用合适的知识，这就涉及到以什么样的顺序查找，怎样判断知识是否可用。查找方法一般包括顺序查找、索引查找、指针链查找等方法。判断知识是否可用更要复杂一些，一般很少用直接匹配，而要考虑问题的表示方法和知识运用条件的形式。例如：如果动物会飞且会下蛋，则该动物是鸟。判断这条知识是否可用，只要看数据库中是否有“会飞”及“会下蛋”这两个事实。

因此，算法中判定适用知识实质上就是利用数据库中的数据或事实，经过某中简单或复杂的操作，判定知识的使用条件是否满足，这也就是我们所说的广义匹配。实际上，正向推理是根据现有事实决定应用哪些知识。知识的使用又促使环境改变，或增减了事实，或修改了事实，这样，又能使那些原来不适用的知识变成适用，循环这个过程，直到求出解或没有适用知识为止。

3.3 推理流程

根据推理机正向推理的控制策略，可以得到以下推理流程图。

从图中可以发现实现正向推理的过程也就是根据满足的规则不断更新数据库，其返回条件有两个。一个是判断如果产生的事实不是新事实，还能产生新的事实；另一个是产生的事实为新事实，把其结论加入到数据库，记下规则后返回。当再也无新的事实时，整个的推理过程结束，这就是整个推理流程。



3.4 程序设计

3.4.1 规则库、目标集、数据库的建立

1、规则库 ruleBase 采用全局变量方式声明，类型为 List，泛型的 Rule 对象是包括规则前提条件 P 和结论 Q 的 POJO。使用 List 也是为了方便 JavaFX 表格单元的索引操作问题。

2、数据库 Set dataBase 即用户输入的事实、规则前提，作为输入参数传入推理机推理。Set 使用 HashSet 实现类，内部的即 HashMap 哈希表结构，无冲突情况下可以在 O(1)时间复杂度内命中规则前提 P。

3、目标集 Set aims 也为全局变量，元素是要求识别的动物：虎、豹、斑马等。Set 也是使用 HashSet 实现类，更快判断 aims.contains(rule.Q)。

```
public class Core {  
  
    /** 书本预设规则库 */  
    private static final String RULES_FILE_PATH = "rules.txt";  
  
    /** 目标集合 */  
    public static Set<String> aims;  
  
    /** 规则库 */  
    public static List<Rule> ruleBase;  
  
    /**  
     * 系统数据初始化  
     */  
    public static void init() {
```

3.4.2 推理机的设计和实现

- 1、遍历规则库中的所有规则，对于每条规则 R_i ，判断当前数据库是否包括 R_i 的所有前提 P 。如果是，把 R_i 的结论 Q 加入数据库。
- 2、多次循环遍历，直到遍历的规则 R_i 的结论 Q 属于目标集 $aims$ ，推理结束，识别动物为 Q ，或者所有规则遍历结束后，数据库也不再变化，推理结束，无法识别具体动物。

```
* 推理机  
* @param dataBase 用户输入的事实检索条件，即当前数据库  
* @return  
*/  
public static ResultDto reason(Set<String> dataBase) {  
    ResultDto resultDto = new ResultDto();  
    resultDto.setProcess("");  
    int count = 0;  
    while (true) {  
        // 判断是否有新的推理可用  
        boolean change = false;  
        for (Rule rule : ruleBase) {  
            // 判断数据库是否包含当前规则的所有条件  
            boolean flag = true;  
            for (String condition : rule.getP()) {  
                if (!dataBase.contains(condition)) {  
                    flag = false;  
                    break;  
                }  
            }  
        }  
    }  
}
```

四、系统的实现效果

4.1 主界面

The screenshot shows the main interface of the 'Animal Identification Expert System' (动物识别专家系统). The window title is '动物识别专家系统'. The interface is divided into several sections:

- 输入事实 (Input Facts):** A text area with the placeholder '每个事实一行' (Enter each fact on a new line).
- 推理过程 (Inference Process):** A large empty text area for displaying the reasoning steps.
- 推理结果 (Inference Results):** A section containing three buttons: '规则库操作' (Rule Base Operation) in blue, an empty text input box, and '进行推理' (Perform Inference) in green.
- Footer:** Displays the user's information: '专业: 智能科学与技术' (Major: Intelligent Science and Technology), '姓名: 孙重豪' (Name: Sun Zhonghao), and '学号: 8207191520' (Student ID: 8207191520).

4.2 推理过程

例一:

This screenshot shows the same interface as 4.1, but with data entered and the inference process displayed. The '输入事实' (Input Facts) area contains the text '有羽毛' (Has feathers) and '善飞' (Flies well). The '推理过程' (Inference Process) area shows the following steps:

- 1.使用规则: Rule(p=[有羽毛], q='鸟'), 推出了: 鸟
当前数据库: [善飞, 有羽毛, 鸟]
- 2.使用规则: Rule(p=[鸟, 善飞], q='信天翁'), 推出了: 信天翁
当前数据库: [善飞, 有羽毛, 信天翁, 鸟]

The '推理结果' (Inference Results) section now shows the '规则库操作' (Rule Base Operation) button in blue, the text '信天翁' (Albatross) in the input box, and the '进行推理' (Perform Inference) button in green. The footer information remains the same.

例二：

动物识别专家系统

动物识别专家系统

输入事实

有奶
吃肉
有黄褐色皮毛
有黑色条纹

推理过程

1.使用规则: Rule(p=[有奶], q='哺乳动物'), 推出了: 哺乳动物
当前数据库: [有奶, 哺乳动物, 吃肉, 有黑色条纹, 有黄褐色皮毛]
2.使用规则: Rule(p=[吃肉], q='食肉动物'), 推出了: 食肉动物
当前数据库: [有奶, 食肉动物, 哺乳动物, 吃肉, 有黑色条纹, 有黄褐色皮毛]
3.使用规则: Rule(p=[哺乳动物, 食肉动物, 有黄褐色皮毛, 有黑色条纹], q='虎'), 推出了: 虎
当前数据库: [有奶, 食肉动物, 哺乳动物, 吃肉, 有黑色条纹, 虎, 有黄褐色皮毛]

推理结果

规则库操作

虎

进行推理

专业: 智能科学与技术

姓名: 孙重豪

学号: 8207191520

4.3 规则库操作

动物识别专家系统

动物识别专家系统

规则库

编号	条件	结果
4	[会飞, 会下蛋]	鸟
5	[吃肉]	食肉动物
6	[有锋利牙齿, 有爪, 眼向前方]	食肉动物
7	[哺乳动物, 有蹄]	有蹄类动物
8	[哺乳动物, 反刍]	有蹄类动物
9	[哺乳动物, 食肉动物, 有黄褐色皮毛, 暗斑点]	豹
10	[哺乳动物, 食肉动物, 有黄褐色皮毛, 有黑色条纹]	虎
11	[有蹄类动物, 有长脖子, 有长腿, 有暗斑点]	长颈鹿
12	[有蹄类动物, 有黑色条纹]	斑马
13	[鸟, 不会飞, 有长脖子, 有长腿, 有黑白二色]	鸵鸟

条件: 多条'&'分隔, 如: 哺乳动物&直立行走&善用工具

结果, 如: 人

☐ 加到目标集

添加

修改说明: 只需要双击单元格, 修改后按Enter键保存

编号, 如: 2

删除

五、结束语

通过知识工程课程的学习、各类文献的查阅及本次对动物识别专家系统的实践，我收获颇丰。首先在知识工程课上，老师耐心地讲解让我第一次理解了到底什么是专家系统，同时对其产生了极大的兴趣。在课下，我查阅了相关的文献资料，更加深入地认识了专家系统，其中也看到了相关的各种实例，在此基础上，我决定动手去实现一个简单的动物识别专家系统。在理解了已有动物识别专家系统的代码后，我动手设计其结构，确定其功能，最后用 Java 代码将其实现，并且以本篇论文将其过程呈现出来。虽然这个动物识别专家系统规模甚小，但是其基本设计思想对理解或建造其它大型专家系统具有很好的借鉴意义。

总之，是知识工程让我走出了在专家系统领域的第一步，我也深知我当前了解的知识只是其冰山一角。随着专家系统的发展，目前已经出现了各类新型的专家系统，我也将不断追随学习，争取将来为人工智能——专家系统的发展贡献自己的一份力。

参考文献

- [1] 童小明. 动物识别专家系统的建立[J]. 电脑编程技巧与维护, 2012(09):30-38.
- [2] 陈志超. 可视化专家系统——动物识别[J]. 中国水运(学术版), 2007(10):169-171.
- [3] 张洪民, 王宝和. 指导学生毕业设计论文过程分析——用动物识别系统简例阐释[J]. 科技信息(学术研究), 2008(29):509-510.
- [4] 郭雷兵, 李炜. 动物识别专家系统的程序实现与运行分析[J]. 长沙电力学院学报(自然科学版), 1999(01):29-31.
- [5] 林东, 邵军力. 医学诊疗领域通用专家系统设计与实现[J]. 自动化学报, 1995(03):380-382.
- [6] 何克抗, 徐辉, 孙波. 书面汉语自动分词专家系统设计原理[J]. 中文信息学报, 1991(02):1-14+28.
- [7] 徐辉, 何克抗, 孙波. 书面汉语自动分词专家系统的实现[J]. 中文信息学报, 1991(03):38-47.
- [8] 蔡自兴, 刘丽珏, 蔡竞峰, 陈白帆. 人工智能及其应用(第5版)[M]. 清华大学出版社, 2016.