

一个人物关系问答的专家系统

王树西, 刘 群, 白 硕

(中科院计算所 软件室, 北京 100080)

摘 要: 在分析专家系统现有理论技术的基础上, 采用自然语言问答的人机交互方式, 搭建了《人物关系问答系统》, 对专家系统现存的问题进行了有益的探索. 测试结果表明, 该系统知识完备, 表示方法及组织方法适当, 求解问题质量高, 人机交互便利, 效率高, 可维护性好, 解释能力强.

关键词: 专家系统; 知识库; 规则库; 模式库; 推理机; 模式匹配

中图分类号: TP182 文献标识码: A 文章编号: 1001-6600(2003)01-0031-06

专家系统(expert system, ES), 是以计算机为工具, 利用专家知识以及知识推理等技术来理解与求解问题的知识系统, 是人工智能应用研究的主要领域^[1].

1968 年, 费根鲍姆等人研制成功第一个专家系统 DENDRAL, 自此之后, 各种不同功能、不同类型的专家系统相继建立, 如 PROSPECTOR, MYCIN, XCON 等^[2]. 专家系统的开发技术, 也取得了长足的进步, 体系结构由最初的单一知识库及单一推理机发展为多知识库和多推理机, 由集中式发展为分布式. 在知识获取方面, 已逐渐用半自动方式取代原来的手工方式. 在知识表示及推理方面, 也由原来的精确表示及推理发展为不确定性处理理论. 此外, 人们建立了多种不同功能、不同类型的专家系统开发工具.

当然, 专家系统还存在不少有待解决的问题. 例如, 知识的完备性问题、知识的自动获取问题、深层知识的表示与利用问题、分布式知识的处理问题、多专家的合作与综合问题、常识性知识的推理问题等等^[2]. 本文以《人物关系问答系统》为例, 对上述相关问题进行了有益的探索.

1 知识获取, 检测与求精, 组织与表示

专家系统的基础是知识. 人类专家之所以能称为“专家”, 是由于他掌握了某一领域的专业知识. 和人类专家依靠专业知识来解决专业问题一样, 专家系统也有赖于知识来解决有关领域的专门问题, 知识越丰富, 质量越高, 解决问题的能力就越强. 知识大体上有以下几种: 某一领域的事实集, 或断言集、规则集、过程性知识、“诀窍”、控制知识等等. 这些知识经过形式化和结构化后, 存储在知识库中^[3].

1.1 知识获取

为了得到知识, 就必须具有获取知识的能力. 按知识获取的自动化程度划分, 可分为自动知识获取和非自动知识获取两种方式.

所谓自动知识获取是指系统自身具有获取知识的能力, 它不仅可以直接与领域专家对话, 从专家提供的原始信息中“学习”到专家系统所需的知识, 而且还能从系统自身的运行实践中总结、归纳出新的知识, 发现知识中可能存在的错误, 不断自我完善, 建立起性能优良、知识完备的知识库. 自动知识获取是一种理想的知识获取方式, 为达到这一目的, 它至少应具有识别语音、文字、图像的能力, 理解、分析、归纳的能力, 以及从运行实践中学习的能力. 遗憾的是, 目前专家系统在这些方面的能力还比较弱. 就目前已经取得的

收稿日期: 2002-07-30

基金资助: 国家重点基础研究基金资助项目(G1998030507-1 和 G1998030510)

作者简介: 王树西(1976-), 男, 山东聊城人, 中国科学院博士研究生. <http://www.cnki.net>

研究成果而言,尚不足以真正实现自动知识获取^[3].知识获取仍然是专家系统研究中的瓶颈,知识工程师从领域专家那里获取知识是非常复杂的个人到个人之间的交互过程,具有很强的个性和随机性,没有统一的方法^[4].因此,知识的完全自动获取目前还只能作为人们为之奋斗的目标.

当前的知识获取主要是非自动知识获取,其过程大致可以分为两步:知识工程师负责从领域专家或科技文献里面抽取知识,并用合适的模式把知识表示出来;专家系统中的知识转换机制负责把知识转换为计算机可存储的内部形式,然后把它存入知识库中.整个过程实际上是一个知识转换的过程,这是因为:人类专家或科技文献中的知识通常是用自然语言、图形、表格等形式表示的,而知识库中的知识是用计算机能够识别、运用的形式表示的,两者有较大的差异.为了把从专家及有关文献中抽取出来的知识送入知识库供求解问题使用,需要进行知识表示形式的转换工作,其工作方式如图 1 所示.

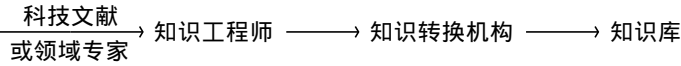


图 1 非自动知识获取

本文认为,人工智能的研究毕竟取得了很大的进步,自然语言理解、机器学习、人工神经网络的研究已经有了很多成果,

因此,在知识获取时,应充分利用这些成果,逐渐向知识的自动获取过渡,提高其智能程度.本文认为,可以采用人工参与的方式进行半自动的知识获取,实验证明,这种方法较大地提高了知识获取速度.

1.2 知识的检测与求精

知识库的建立过程是知识经过一系列变换进入计算机系统的过程,在这个过程中存在着各种各样导致知识不健全的因素.例如:文献或领域专家提供的知识存在某些不一致、不完整、甚至错误的知识;或者由于未能正确理解领域专家或文献的意思,使得所形成的知识条款隐含着种种错误;或者采用的知识表示模式不适当,不能把领域知识准确地表示出来;或者由于错误增删知识库造成知识不完备等等.由于这些原因,知识库中经常会出现这样或者那样的问题,主要表现为知识冗余、矛盾、从属、环路、不完整等方面.

为了保证知识库的正确性,需要做好对知识的检测,检测分为静态检测和动态检测两种.静态检测是指在知识输入前由领域专家及知识工程师所做的检查工作;动态检测是指在输入过程中以及对知识库进行增删时由系统所进行的检查.在系统进行过程中出现错误时也需要对知识库进行动态检测^[1].知识的检测包括以下几种:逻辑表达式等价性的检测;等价规则的检测;冗余规则链的检测;冗余条件的检测;矛盾规则及矛盾规则链的检测;从属规则的检测;环路的检测等.另外,由于 Petri 网可以用来表示知识,同样可以利用 Petri 网来检测知识的冗余及矛盾等问题.

知识库中除了可能存在上述的冗余、矛盾等问题外,还可能存在知识的不完整问题,以致在系统运行时产生错判或漏判.为了找出导致错误的原因,就需要找出产生这些错误的知识,予以改进,以提高知识库的可靠性,这称为知识求精.实现知识求精的一般方法是,用一批有已知结论的事例考核知识库,看看多少实例被知识库错判及漏判,然后对知识做适当的修正,以提高知识的精度.只是求精和知识的表示方法有密切关系.

1.3 知识的组织与表示

专家系统的性能一方面取决于知识的质量和数量、推理方法和控制策略,另一方面也取决于知识的组织.物理的安排知识并建立其逻辑上的联系,称为知识的组织.正确的组织可以使知识具有相对的独立性;便于对知识的搜索;便于对知识进行维护;便于在知识库中同时存储用多种模式表示的知识;节省存储空间,等等.知识的组织方式一方面与软件环境有关,另一方面依赖于知识的表示.

知识表示一般按控制知识的组织形式进行分类^[3].知识表示有多种方式,采用哪一种取决于是否方便系统分析问题.把多种表示模式有机地结合起来是知识表示中常用的方法,例如把语义网络、框架及产生式结合起来表示领域知识,既可以表示知识的结构性,又可以表示过程性知识.产生式系统是许多专家系统的主要知识表示手段,如 MYCIN 和 R1 等,产生式系统的知识表示方法包括事实的表示和规则的表示^[1].

2 规则、推理与模式匹配

2.1 规则、推理

规则可以视为事实的伸延, 只不过是附加了条件. 要这个规则为真, 必须符合规则中的条件. 规则的实质就是储存起来的查询. 规则分为两部分: 第一部分和事实差不多(一个有变元的谓词); 第二部分包含其他短句(事实或规则, 以逗号分隔), 这是产生式的表示方法.

严格的说, 推理就是按某种策略由已知判断推出另一种判断的思维过程^[2]. 在人工智能系统中, 推理是由程序实现的, 称为推理机. 推理机是专家系统的“思维”机构, 是构成专家系统的核心部分. 其任务是模拟领域专家的思维过程, 控制并执行对问题的求解. 它能根据当前已知的事实, 利用知识库中的知识, 按一定的推理方法和控制策略进行推理, 求得问题的答案或证明某个假设的正确性.

推理方式有多种. 例如, 从结论推出的途径来划分, 推理可分为演绎推理、归纳推理和默认推理; 按推理时所用知识的确定性来划分, 推理可分为确定性推理和不确定性推理, 等等.

推理过程是一个思维过程, 即求解问题的过程. 问题求解的质量与效率不仅依赖于所采用的求解方法(如匹配方法、不确定性的传递算法等), 而且还依赖于求解问题的策略, 即推理的控制策略. 推理的控制策略包括推理方向、推理策略、冲突消解策略、求解策略及限制策略等. 其中, 推理方向用于确定推理的驱动方式, 分为正向推理、逆向推理、混合推理及双向推理四种. 无论按哪种方向推理, 一般都要求系统具有一个存放知识的知识库, 一个存放初始已知事实及问题状态的数据库和一个用于推理的推理机^[2].

现在的大部分专家系统只能做演绎推理, 在新一代的专家系统中, 除了演绎推理之外, 还应有归纳推理(包括联想、类比等推理), 各种非标准逻辑推理(例如非单调逻辑推理、加权逻辑推理等), 以及各种基于不完全知识与模糊知识的推理等等, 在推理机制上应有一个突破^[1].

2.2 模式匹配

所谓模式匹配是指对两个知识模式(如两个谓词、两个框架片断或两个语义网络片断等)的比较和耦合, 即检查这两个知识模式是否完全一致或近似一致. 如果两者完全一致, 或者虽不完全一致但其相似程度落在制定的限度内, 就称它们是可匹配的, 否则为不可匹配^[1].

模式匹配是推理中必须进行的一项重要工作, 因为只有经过模式匹配才能从知识库中选出当前适用的知识, 才能够进行推理.

按照匹配时两个知识模式的相似度划分, 模式匹配可分为确定性匹配与不确定性匹配两种. 确定性匹配是指两个知识模式完全一致, 或者经过变量代换后变得完全一致. 不确定性匹配是指两个知识模式不完全一致, 但从总体上看, 它们的相似程度又落在规定的限度内. 无论是确定性匹配还是不确定性匹配, 在进行匹配时一般都需要进行变量的代换.

现有的模式匹配技术中, 一种是关键字匹配. 系统中预先存放了一定数目的含有关键词的基本模式, 每一个模式都与一个或多个解释相对应. 系统将句子与这些模式逐一匹配, 一旦成功即可得到这个句子的解释. 至于句子中哪些不属于关键词的成分, 系统则不考虑. 这种技术的优点是处理简单、效率高, 并且对一个文法上不完全正确的句子, 只要它含有特定的关键字, 就能做出相应的处理. 另一种是句法模式匹配. 它要求句子必须符合系统允许的一个句法模式, 否则系统将不予接受. 这种技术的缺点首先在于要求系统中的句法模式不能太少, 否则将导致系统理解效率低下; 其次句子必须严格遵循句法模式的要求.

3 自然语言理解和人机交互

3.1 自然语言理解

自然语言是表示知识最为直接的方法. 自然语言理解就是研究如何让计算机理解人类自然语言的一个研究领域^[1]. 微观上讲, 是指从自然语言到计算机系统内部之间的一一映射; 从宏观上讲, 是指机器能够

执行人类所期望的某些语言功能,这些功能包括:①回答有关提问;②提取材料摘要;③不同词语叙述;④不同语言翻译^[1].

语言交流是一种基于知识的通信,理解语言的标准包括:①能够理解句子的正确语序规则和概念,又能理解不含规则的句子;②知道词的确切含义、形式、词类和构词法;③了解词的语义分类以及词的多义性和歧义性;④指定和不定特性及所有(隶属)特性;⑤问题领域的结构知识和时间概念;⑥语言的语气信息和韵律表现;⑦有关语言表达形式的文学知识;⑧领域的背景知识.由此可见,语言的理解与交流需要一个相当庞大和复杂的知识体系,对自然语言的理解是一个十分艰难的任务,如果没有人工智能的参与,自然语言理解就无法实现^[1].

语言的理解与分析过程可以看作是一个层次化的过程:①语音分析;②词法分析;③句法分析;④语义分析.随着人工智能技术的发展,自然语言理解不断取得进展.机器翻译是自然语言理解最早的研究领域,进入 20 世纪 70 年代,对语言理解对话系统的研究取得进展;20 世纪 80 年代以后,自然语言理解的应用研究广泛展开,机器学习研究十分活跃,并出现许多有较高水平的使用化系统,如美国的 METAL 和 LOGOS.口语理解研究促进了人机对话系统走向使用化.目前,自然语言理解采用的主要技术有:关键词搜索(模式匹配);句法分析;语义分析;语料库技术^[5,6].

3.2 人机交互

这里所说的人机交互指的是专家系统与一般用户之间的交互,本系统采用自然语言问答的人机交互方式.这就要求专家系统能够充分理解用户用自然语言提出的问题,为此,本文采用模式匹配的算法.

现有的模式匹配技术中,一种是关键字匹配.系统中预先存放了一定数目的含有关键词的基本模式,每一个模式都与一个或多个解释相对应.系统将句子与这些模式逐一匹配,一旦成功即可得到这个句子的解释.至于句子中哪些不属于关键词的成分,系统则不考虑.这种技术的优点是处理简单、效率高,并且对一个语法上不完全正确的句子,只要它含有特定的关键字,就能做出相应的处理.另一种是句法模式匹配.它要求句子必须符合系统允许的一个句法模式,否则系统将不予接受.这种技术的缺点首先在于要求系统中的句法模式不能太少,否则将导致系统理解效率低下;其次句子必须严格遵循句法模式的要求.

4 人物关系问答系统

在上述分析专家系统和自然语言理解的基础上,采用自然语言问答的人机交互方式,搭建一个中小型专家系统——《人物关系问答系统》.本系统允许用户通过自然语言,询问《红楼梦》里面人物之间的关系.

4.1 系统的结构和 workflows

系统包括知识获取子系统、推理子系统、人机对话子系统、知识文本以及知识库.

4.1.1 知识获取子系统

采用人工参与的半自动知识获取方式.例如:《红楼梦》原著中有一句话:“姓甄,名费,字士隐.嫡妻封氏,情性贤淑,深明礼义”.通过这句话,可以抽取甄士隐和封氏之间的关系,并且表示为“封氏是甄士隐的妻子”这种模式.这是知识获取的第一步,然后通过专家系统内部的知识转换机构,把这条知识转换为计算机可存储、识别的内部形式:“qizi(封氏’,甄士隐)”.这里采用逻辑的知识表示方法,所指的逻辑是一阶谓词逻辑.系统存在一个亲属词对应表,亲属词和其谓词表达式相互对应,例如,“妻子”对应“qizi”,“儿子”对应“son”,等等.本文采用静态检测和动态检测两种方法来保证知识库的正确性.在知识输入之前,通过人工的检查,发现错误的和冗余的知识并将其删除;在系统运行过程中也对知识库进行动态检测.

4.1.2 推理子系统

系统的推理规则是根据汉语亲属词由人工定义的,所有规则的集合形成规则库.由于本系统处理范围有限(红楼梦人物关系),所以规则库是有限的.汉语是亲属词丰富程度非常高的语言(比英语丰富,或者说颗粒度细).亲属词本质上表示的是关系,复杂的关系可以还原为基本的关系和属性.最基本的关系是:亲子关系(P)、夫妻关系(M)、长幼关系(O).最基本的属性是性别属性(S).可以利用最基本的亲属关系和性别属性推理出其他亲属关系.例如,下面是“父子”这种亲属关系的推理表达式.

(1) father $_$ son(X, Y): \neg son(Y, X), male(X).

(2) father $_$ son(X, Y): \neg husband(X, Z), son(Y, Z).

其中, father $_$ son(X, Y) 表示 X 和 Y 是父子关系, male(X) 表示 X 是男性, son(X, Y) 表示 X 是 Y 的儿子, husband(X, Y) 表示 X 是 Y 的丈夫.

规则库包含在推理子系统里面, 结合 prolog 完成推理机制; Prolog 语言具有自动实现搜索、模式匹配及回溯的功能, 从而实现了自动逻辑推理.

4.1.3 人机对话子系统

本系统采用自然语言问答的人机交互方式. 通过人机对话子系统, 用户用自然语言向系统提问, 系统以自然语言的形式, 将处理结果提交给用户. 本系统采用模式匹配这一比较成熟的方法来理解用户的提问. 模式库包含在知识获取子系统里面, 结合模式匹配机制完成知识抽取和存储任务.

4.1.4 系统工作流程

(1) 通过知识获取子系统, 将知识文本中的知识转换为计算机可存储的内部形式, 然后存入知识库. 这是一个预处理的过程; 转(2);

(2) 通过会话子系统和用户交互, 得到用户的问题; 转(3);

(3) 通过知识获取子系统里面的模式匹配机制, 对用户问题进行处理, 从中得到知识的形式化表示 λ . 如果匹配失败, 错误返回; 如果成功, 转(4);

(4) 通过推理子系统, 对 λ 进行推理, 如果推理失败, 错误返回; 否则转(5);

(5) 以自然语言的形式, 将推理结果提交给用户, 退出.

4.2 系统实现和测试

在 CPU PIII667、内存 192MB、操作系统为 Windows 2000 Professional 的机器上, 系统运行状况良好.

下面是用户和系统的对话过程. 【问】表示用户的问题, 【答】表示机器的回答.

【问】: 贾宝玉和薛宝钗是什么关系?

【答】: 贾宝玉是薛宝钗的丈夫, 薛宝钗是贾宝玉的妻子;
贾宝玉是薛宝钗的姨表弟, 薛宝钗是贾宝玉的表姐;
共有 2 种关系.

在这个例子中, 系统根据用户的问题“贾宝玉和薛宝钗是什么关系?”结合模式库, 利用模式匹配机制, 得到匹配这个句子的最佳模式“A 和 B 是 C 关系”, 并且判断出是问题的类型是查询两人之间的关系. 结合知识库里面的相应知识, 分别判断出 A(贾宝玉)和 B(薛宝钗)的性别. 利用推理规则 near $_$ relation($X, Y, Relation$)进行判断, 得知两个人有直接的亲属关系, 然后, 从推理规则 male $_$ female($X, Y, Relation$)开始, 利用一系列的推理规则, 结合知识库, 得到 A(贾宝玉)和 B(薛宝钗)之间的关系. 最后, 以自然语言的形式, 将答案提交给用户.

【问】: 林黛玉是贾蓉的什么人?

【答】: 林黛玉是贾蓉的姨父的姑表姐妹.

详细解释:

林黛玉是贾琏的姑表姐妹, 贾琏是林黛玉的表兄弟;

贾蓉是贾琏的外甥, 贾琏是贾蓉的姨父;

林黛玉是贾蓉的表姑(婶, 舅妈, 姨妈). 贾蓉是林黛玉的表侄(外甥).

共有 1 种关系.

在这个例子中, 系统根据用户的问题“林黛玉是贾蓉的什么人?”结合模式库, 利用模式匹配机制, 得到匹配这个句子的最佳模式“A 是 B 的什么人”, 并且判断出是问题的类型是查询两人之间的关系. 结合知识库里面的相关知识, 分别判断出 A(林黛玉)和 B(贾蓉)的性别. 利用推理规则 far $_$ relation($X, Y, Z, R1, R2, D1, D2$)进行判断, 得知两个人没有直接的亲属关系, 但是分别和另外一个人“中介人”有直接的亲属关系. 然后, 从推理规则 far $_$ relation($X, Y, Z, R1, R2, D1, D2$): \neg female(X), male(Y), female(Z), far

__female __female(X, Z, R1, D1), far __male __female(Y, Z, R2, D2) 开始, 利用一系列的推理规则, 结合知识库, 分别得到 A(林黛玉)和 B(贾蓉)之间的关系与“中介人”贾琏的关系. 最后, 以自然语言的形式, 将答案提交给用户.

软件工程中通常以正确性和健壮性为主来评定一个软件的性能. 对于专家系统来说, 正确性显然指的是它回答问题的正确率; 而健壮性主要看它在错误数据输入的条件下的反应如何.

系统的模式库所包含的提问模式, 几乎涵盖了所有用户常用的提问模式, 具有相当的代表性. 从上面的对话记录可以看出, 对于“近亲”, 系统可以给出准确、全面的回答; 对于“远亲”, 系统也可以通过“中间人”, 把两个人的关系“连接”起来, 给出合情合理的答复. 系统的正确性是令人满意的.

对于无法识别的亲属词, 系统给出错误的原因. 但是, 只要在亲属词文件(文本文件)中加入相应的亲属词, 系统马上可以给出正确的回答. 对于超出系统推理能力的问题, 系统给出错误的原因. 例如, 如果系统无法通过“中间人”, 把两个人的关系“连接”起来, 那么给出错误的回答.

由此可以看出, 系统具有令人满意的健壮性, 并且因为程序跟数据分开, 我们可以随时修改、添加规则、模式、知识而不用修改程序系统, 系统具有灵活性、易维护性的特点.

5 今后的工作

本文所做的工作并不是完美无缺的. 比如, 没有完全实现知识获取的自动化, 没有完全实现基于不完全知识与模糊知识的推理, 等等. 所有这些都将是进一步的工作目标. 另外, 在自然语言理解方面, 我们正在考虑引入 IR+ IE 的相关技术^[8]和知网^[9]的相关技术, 以及白硕教授提出的“浅层模式推理理论”^[10].

参 考 文 献:

- [1] 蔡自兴, 徐光佑. 人工智能及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.
- [2] 王永庆. 人工智能原理与方法[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1999.
- [3] 沈一栋, 等. 知识工程[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [4] 史忠植. 高级人工智能[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [5] 孟波. 计算机决策支持系统许洪波[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2001.
- [6] 黄梯云. 智能决策支持系统[M]. 电子工业出版社, 2000.
- [7] 白硕. 计算语言学教程(电子版)[M].
- [8] AskJeeves (<http://www.askjeeves.com>)
- [9] <http://www.hownet.com>
- [10] 白硕. Reasoning Without Deep Structure (PowerPoint).

AN EXPERT SYSTEM ABOUT RELATIONSHIP

WANG Shu-xi, LIU Qun, BAI Shuo

(Institute of Computing Technology, The Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China)

Abstract: The paper analyzed the origin, development and current technology of Expert Sytem. Based on al of the above, the interactive method of natural language is adopted, and “The QA System for Character Relations in HONGLUOMENG” is put up. The result of the system indicate that the knowledge of the system is maturity and the denote method is propriety. The quality of maintenance, efficiency and explanation ability of the system is high.

Key words: expert system; knowledge base; rule base; pattern base; reasoning machine; pattern match