

计算机在问题解答领域中理解自然语言 的一个实例——SSH 系统

孙宗智
(吉林大学)

摘 要

本文通过讨论 SSH 算术应用题解答系统介绍计算机理解自然语言的一个实例。主要讨论 SSH 的设计思想,包括知识存贮、理解和分类、推导过程、处理技术、解释和 SSH 系统解题的例子。

SSH 算术应用题解答系统是计算机理解汉语拼音的一个系统,它能模拟人解算术应用题的思考过程,将按一定规则写的由 26 个拼音字母、10 个数字和“,”、“.”及“?”标点符号组成的应用题,检索出题目所蕴含的数量间的运算关系,得到正确的算式和答案。并且可以简单地给出解释。

计算机象人那样理解自然语言还是遥远的事,但在一定的限制范围内是可能的。比如算术应用题解答系统处理应用题中,所使用的自然语言是有一定限制的:

1) 蕴含数量关系(即加、减、乘、除)的词汇是很有限的;

2) 算术应用题中一定出现数字和单位,而且不同类型的基本题中,表示运算关系的词和数量、单位及其它词汇的叙述方式可以总结为若干种确定的格式;

3) 应用题中的已知事实和求解目标容易划分。

SSH 系统使用 Lisp1.5 程序语言已在 Alpha Micro 型计算机上调试成功,约 2—4 分钟解一道应用题。

一、知识存贮

让计算机理解一个受限的语言子集,首先必须赋予它语言的知识。这要通过语言知识存贮来实现。在 SSH 系统中,只存贮蕴含数量间运算关系、判断问题类型、找出已知事实和求解目标的词汇,这些词被称为关键词,来源于对各类基本应用题中所出现的这类词汇的收集和分类。表示同一含义的词中选一最常用的作代表,称为模式词。所有模式词的集合数量不大,全部装进系统的骨架中。非模式的关键词,不装入系统的骨架,组成词典,待问题输入后,通过查字典将原题中的关键词置换成相应的模式词,再进入系统骨架。

算题中的其它词汇,在输入题无语义和语法错误的前提下可以是任意的。其中表示量的承担者的词称为客体词;表示数量单位的词称为单位;还有数字及其它词汇。这些词

汇不预先存贮,题目输入后,系统按确定的语法结构通过关键词和数字可找到客体词和单位,再分别存贮以备解题用.除此以外的词汇,系统仅在原题存贮中保留,形成答案和解释用,不影响对问题的求解.

标点符号要在系统骨架中存贮,用以划分子句(每个子句往往反映一个数量关系)及识别求解目标和已知事实.

系统的骨架是产生式形式的二个功能块:1)基本题的分类程序;2)某基本题的产生式系统,将在下边分述.

骨架的形成,来源于模拟人解算术应用题的思考过程.人解一道算术应用题往往先判定题类,再由已知事实和所求目标推导出答案.功能块的具体构成就是集中人解各类算题的经验知识.

二、理解和分类

基本题分类程序是一个判定系统,由两部分组成.第一部分是检索过程,先将输入题分成子句.再通过模式词匹配识别关键词、数字;接着按句型找出单位和客体词.上述元素的集合称为事实集合.第二部分是由事实集合出发综合判断类型.各基本题都有特殊的判定树,树根为题类目标结点.下边举例说明:

例1.平均问题有关键词〈平均每〉或〈问…每…?〉;但在行程问题中也可能出现〈平均每秒〉等词,因此要进一步分析单位和其它事实才能判定.

例2.事实集合有两个子句分别蕴含“和”、“差”关系,要进一步判定客体词与单位是否一致,一致时是“和差问题”,否则是“鸡兔问题”.

例3.年龄问题有关键词〈年龄〉、〈岁〉;但是“和差”型、“和倍”型还是“差倍型”有待细分.

有些问题,由分类程序判定的基本类可能不准.这种情况当进入推导算式的产生式系统中会发现错,标记后退出,再回到分类程序去判定是否是其它类型.当一道算题分类程序最终不能确认是哪一类时,SSH系统输出“疑问”,当用户改变一些信息后再接着做.如用户不再输入信息,则打印出“解不了”.

SSH系统按语义分类是理解语言的第一步,由综合关键词、客体词、单位及数量个数和基本句型等各因素产生一个判断.这里即要概括各类问题的基本特征,也要抽出各语言现象的实质.比如,两量之“差”可以有“ A 比 B 多”、“ B 比 A 少”、“ A 给 B 〈数字〉〈单位〉……相等”各种叙述,分类程序要先预处理.

分类判断过程使用从事实到目标的正推过程.

三、再分子类、推导算式和形成答案

基本类型产生式系统首先是继续往细分析算题信息再分子类.如行程问题,再分为求路程、求速度、求时间三种,每种再按已知事实细分,直到可以推导出算式和答案为止.这样就形成了分类树.上述过程同时将已知事实和求解目标确定下来.

接着是使用推导法形成算式和答案.各类型题使用的方法不同,分别模拟人解题的

推导方法。下边仅以鸡兔问题中的“双和型”为例说明,其算法是:

1) [检索和] 将主句中的第一个“和”子句中的数置于临时存贮器 H1 中,删掉此子句;将出现在第二个“和”子句中的数置于 H2 中,删掉此子句。

2) [标记特殊型] 如主句中有“罚”关键词,标记当转到 6 时应转到 12; 主句中有“加”关键词,标记当转到 6 时应转到 11。

3) [是纯“鸡兔”型?] 如主句中不再含有数量,转到 5。

4) [检索大、小数] 将主句中出现的第一个数置于 DA 中; 将出现的第二个数置于 XIAO 中,转到 6。

5) [鸡兔的足数] DA 置数 4, XIAO 置数 2。

6) [一般形再按问句分类] 问句中有关键词 HE (意味着求二个量) 转 9; 问句中客体词与主句中小数前的客体词相同(意味着求小数量的客体数)转 8。

7) [求大数量的客体数] 形成算式 $(H2 - DA * H1) / (DA - XIAO)$ 。

8) [求小数量的客体数] 形成算式 $(DA * H1 - H2) / (DA - XIAO)$ 。

9) [求二个客体个数] 形成算式

$$\text{小客体数} = (DA * H1 - H2) / (DA - XIAO),$$

$$\text{大客体数} = H1 - \text{小客体数}.$$

10) [罚型客体数] 形成算式 $(DA * H1 - H2) / (DA + XIAO)$ 。

11) [加型客体数] 形成算式 $(H2 - DA * H1) / XIAO$ 。 算法完。

上述问题的推导方法是由事实到目标的正推过程。有些问题采用由目标到事实的逆推过程。

四、语言处理技巧

各类问题语言处理方法不尽相同,下边仅以平均问题的一例说明。

例 1. 一个生产电子材料的工厂,第一天生产 894 件,第二天生产的件数是第一天的 2 倍,第三天生产的比第一天生产的二分之一还多 366 件,问平均每天生产多少件?¹⁾

其语言处理过程:

1) 将输入字符串首先分成主句和问句。一般,关键词 WEN (或 QIU) 前是主句,后是问句。(\$ WEN \$) 1 是主句、3 是问句。接着将主句再按“,”或“.”细分为子句,以表的形式按堆栈或排队方式存贮在临时存贮器中。

2) 问句分析。问句往往可提供将问题进一步分类的信息,或提供解题线索。例 1 的问句提供平均问题的“量单位”和“份单位”。“平均每”后边的词(天)是“份单位”,“多少”后边的词(件)是“量单位”。它们是进一步理解平均问题的线索。问句经改组或置换可成答案。如例 1 的问句,将“多少”置换成算式之值就是答案了。

3) 子句分析。子句蕴含已知事实,子句分析就是查找已知事实,是进一步分类和推导算式的基础。例 1 中,子句分析线索除关键词外还有“份单位”和“量单位”。按“量单位”求总量,按“份单位”求总份(有了总量与总份,即得算式:总量/总份)。

1) 为方便,文中使用汉语方块字描述问题,但实际输入的是拼音文字。

子句分析因问题而异,各有自己的分析模式子句. 例平均问题的模式子句为:

($\$$ <数字><量单位>)

如 $\$$ 不含关键词,该数字就是一个分量(各分量之和是总量),如同例 1 中第 2 个子句.

如 $\$$ 含关键词就进一步分析 $\$$,如例 1 中第 4 个子句: $\$$ 是“第三天生产的比第一天生产的二分之一还多”,其中“比”和“多”是关键词,这时按此子句的客体词“第一天生产的”找其它含有同样客体词的字句,即第 2 个子句,将第 1 个子句提供的分量乘 $1/2$ 加 366 即得第 4 个子句提供的分量;例 1 中的第 3 个子句不与上边的模式子句匹配,进一步查找它与下面模式子句匹配:

($\$$ <量单位> $\$$)

第一个 $\$$ 中没有数字,第二个 $\$$ “是第一天的 2 倍”,由它可得此子句提供的分量为 2×894 . “总份”分析按“份单位”进行(略).

4) 单位换算,如例 1 中问句改为“平均每小时生产多少件?”这时份单位是“小时”,但主句中无有它,这时系统将查询公式表,如发现: 1 天 = 24 小时就可以解此题了.

5) 关键词的语义与它在不同类型题的子句中的位置有关.

例 2. 甲乙二人存款,甲比乙多存 30 元,甲存款是乙存款的 2 倍还多 10 元,问甲和乙各存款多少元?

题中的第一个“多”字是指一般“差”,第二个“多”字与“倍”配合用,是对前边的“和”或“差”的补充,在此题中把前差 30 再减去修正值 10 才是“差倍”问题基本公式中的“差”.

其它细节略. 语言处理是与推导过程结合的. 这里有二个问题:(1) 模式子句的规定;(2) 控制策略. 它们都由解算术题的技巧决定.

五、SSH 系统的解释功能. 例.

SSH 系统的控制系统具有解释和学习记忆的功能. 当一道应用题输入后,由分类程序和基本题产生式系统输出原问题、算式和答案(见下边). 当用户想知道具体推导过程时,输入“?”,这时控制系统将输出问题类型、主要推理步骤、和基本公式.

这个解释功能的实现是 SSH 系统跟踪自身的结果. 这对产生式系统是容易实现的. 另外,系统存贮了对问题解释的“基本语言骨架”,装入跟踪就是一个简单的解释.

下边是 SSH 系统解题的一个实例:

输入问题: 父年 30 岁,子年 2 岁,问几年后父年是子年的 3 倍? [见(266)页注]

以下是计算机输出:

问题: 父年 30 岁,子年 2 岁,问几年后父年是子年的 3 倍?

算式:

$$(30 - 2)/(3 - 1) = 14,$$

$$14 - 2 = 12 \text{ (年).}$$

答: 12 年后父年是子年的 3 倍.

这时如用户输入: “?” 计算机输出:

此题类型: 年龄问题差倍型.

已知: 1) 差是 $30 - 2$. 2) 倍数是 3.

基本公式: 差/(倍数 - 1) = 小数.

求几年后父年是子年的 3 倍?

所以 $12 - 3$.

字典存贮包括公式表. 如 SSH 系统查不到单位换算公式, 输出“××单位和××单位的关系?”的问句, 用户的回答输入后, SSH 系统可以接着做下去并输出算式、答案和换算公式. 接着 SSH 问: “要记住吗?”, 如回答“要.” 则 SSH 系统将该换算公式存贮在字典中以备后用.

小 结

用计算机处理问题解答系统中的自然语言是可能的; 对语言现象必须有确实的限制, 这由所要解决的问题决定; 关键词、基本句型存贮是必要的; 产生式系统可以模拟人的思考方法并对问题解法给出解释.

SSH 系统可以扩充和修改. 本系统经加细处理可以改进为辅助教学的工具.

本文从命题到设计是在王湘浩教授指导下进行的, 在此深表谢意.

参 考 文 献

- [1] Bobrow, D. G., Natural Language Input for A Computer Problem-solving System, in Semantic Information Processing, Edited by Marvin Minsky, The M. I. T. Press, Cambridge, Massachusetts, (1968).
- [2] Nilsson, N. J., Principles of Artificial Intelligence, Copyright (c) 1980 by Tioga Publishing Co. P. O. Box 98. Palo Alto. CA94302.
- [3] Simon, H. A., 人工智能, 自然辩证法通讯 1981, No. 1.
- [4] Bobrow, D. G., METEOR: A LISP Interpreter for String Transformations, Information International, Inc., Cambridge, Mass., 1964.

AN EXAMPLE OF UNDERSTANDING NATURAL LANGUAGE IN THE FIELD OF PROBLEM-SOLVING BY COMPUTER—SSH SYSTEM

SUN ZONGZHI

(Jilin University)

ABSTRACT

This paper deals with the arithmetical applied problem-solving system SSH as an example of computer comprehension of natural language. The idea of SSH systems design including knowledge storage, comprehension and classification the reasoning process, the processing technique, the explanation and is discussed with examples of problems solved by SSH.