

面向平面几何命题理解的融合算法研究

黄 焕¹ 刘清堂^{1,2} 陈 矛¹

(华中师范大学国家数字化学习工程技术研究中心 武汉 430079)¹

(华中师范大学信息技术系 武汉 430079)²

摘 要 随着初等几何命题可视化机器证明的发展,如何让几何教学辅助软件能够直接理解几何命题的含义,自动生成对应的几何图形并进行推理证明,成为当前研究的一个新问题。现有的几何命题理解方法虽然在一定程度上实现了几何命题向形式化命令的转化,但是这些方法均没有考虑几何命题中分句间的逻辑关系,无法解决分句间形式化命令的冗余和冲突问题,导致后期自动作图和推理的准确率不高。针对这一问题,在前期工作的基础上提出了一个几何命题分句间形式化命令融合算法,并将该融合算法集成应用于已有的自然语言几何作图接口进行实验论证。结果显示,几何命题分句间形式化命令融合算法将自然语言几何作图的准确率从原来的 84.17% 提高到了 91.67%,能够有效提高几何命题理解的准确性。

关键词 几何命题,融合算法,几何作图,自然语言

中图分类号 TP182 文献标识码 A

Merging Algorithm Research Oriented to Understanding of Geometry Proposition

HUANG Huan¹ LIU Qing-tang^{1,2} CHEN Mao¹

(National Engineering Research Center for E-Learning, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)¹

(Department of Information Technology, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)²

Abstract As the development of machine proof technology, how to make the existing geometry instructional softwares to understand the latent semantics of the geometry proposition, automatically generate the figure and give out the reasoning process, is becoming a new challenge. Although the existing methods can transform the geometry proposition into figure or other machine-readable forms to a certain extent, they do not consider the dependent relationship between simple clauses, so they can not avoid the redundancies and inconsistency between construction commands of adjacent simple clauses. To resolve this problem, this paper proposed a merging algorithm, and further integrated the merging algorithm into exist natural language interface for automatic geometry construction to verify its effectiveness. The experiment results suggest that the merging algorithm can enhance the accuracy of automatic geometry construction from 84.17% to 91.67%, and can improve the accuracy of geometry proposition understanding.

Keywords Geometry proposition, Merging algorithm, Geometry construction, Natural language

1 引言

近年来,初等几何命题机器证明技术的逐渐成熟,特别是可视化机器证明的实现,使得这一技术被越来越多的几何教学辅助软件所采用,如 GCLC、Geoproof、超级画板等。这些几何教学辅助软件都需要用户首先理解几何命题的含义,然后利用软件的绘图工具手动做出几何图形并设置相关的参数,为之后的机器证明提供所需的形式化参量。如果能让计算机直接理解几何命题的含义,自动给出对应的几何图形和证明过程,必将极大地改善几何教学辅助软件的人机交互。

虽然早在 20 世纪 90 年代就已经有人从事自然语言几何作图的研究^[1],但是这种自然语言几何作图方法需要用户详细地描述每一个作图步骤,依然需要用户首先理解几何命题

的含义并用自然语言描述作图的过程。几何命题不同于描述作图过程的自然语言,它采用简洁无歧义的自然语言描述一幅几何图形中的几何元素、元素属性以及元素间的几何关系。也就是说,几何命题只是描述了一幅几何图形的性质,并没有说明如何作出这幅几何图形。要让计算机根据几何命题直接生成对应的几何图形和证明过程,必须对几何命题进行深层次的理解分析。为此,余莉等人在总结几何命题的语言特点基础上,首先研究了几何命题的中文分词技术^[2]。此后,他们还进一步通过浅层句法分析提取句子中的谓语中心词来构造语模,利用语模匹配将几何命题映射为形式化的作图命令,初步实现了几何命题直接作图^[3],石磊等人则在构建的几何知识库基础上,对几何命题进行词法、句法、语义分析,将自然语言表述的几何命题转化为辅导专家系统能够理解的形式化语

到稿日期:2012-10-10 返修日期:2013-03-18 本文受国家自然科学基金(61272205),中央高校基本科研业务费项目(CCNU10C01003)资助。
黄 焕(1986-),男,博士生,主要研究方向为知识服务与智能软件, E-mail: hbdx_hh@yahoo.com.cn; 刘清堂(1969-),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为知识服务理论与方法、远程教育关键技术; 陈 矛 男,博士,副教授,主要研究方向为几何定理自动推理、智能教育软件。

言^[4]。刘清堂等人结合已有几何作图软件的需求,分别提出了基于本体匹配和基于规则匹配的几何命题理解,实现了几何命题到形式化命令的转化^[5,6]。这些方法在一定程度上实现了几何命题向形式化语言的转化,但是,已有研究没有考虑几何命题中分句间的逻辑依存关系,将几何命题中的每个分句进行单独处理,无法解决分句间形式化命令的冗余和逻辑冲突,严重影响了后期作图和推理的准确率。

针对这一问题,本文总结了几何命题分句间形式化命令冲突的类别和特点,提出了一种分句间形式化命令融合算法并进行了实验验证。本文第2节简要介绍了形式化作图命令和几何命题到形式化作图命令的转化过程;第3节分析了几何命题分句间形式化命令的冲突问题,并给出了分句间形式化命令融合算法;第4节是实验设计和结果分析,验证了融合算法的有效性;最后,对全文进行了总结,并展望了下一步的研究方向。

2 几何命题理解模型

几何命题理解就是要将自然语言描述的几何命题转化为计算机可以理解的构造型几何命题。构造型几何命题的特点是用关于直线和圆的作图语句描述一幅几何图形^[9]。因此,几何命题理解的关键在于几何元素、元素属性和元素关系的识别。几何命题理解模型主要包括4个组成部分:预处理组件、浅层语言处理组件、几何关系模式提取与匹配组件、几何作图命令融合组件,如图1所示。

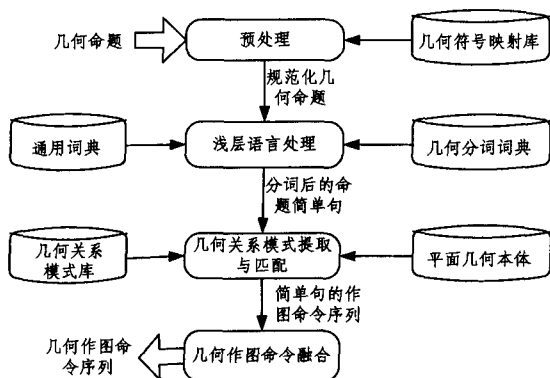


图1 几何命题理解模型

(1)预处理。用户输入的几何命题中往往包含了一些几何符号和格式信息,为了提高后期处理的准确性,预处理组件将用户输入的几何命题进行必要的清洗和检查,并转换为规范化的几何命题。具体包括:将全角输入的英文字母和标点符号转化为半角状态下的符号,并将标点符号进一步转化为英文状态下的符号;使用几何符号映射库将有特殊含义的几何符号转化为对应的中文表述。如“ \angle ”转换为“角”,“ \parallel ”转换为“平行”等;去掉命题简单句中的格式信息,如空格、换行符等。

(2)浅层语言处理。一个几何命题由多个命题简单句构成,浅层语言处理组件将规范化的几何命题分割为一个个的简单句,并对每个简单句采用一定的分词算法进行分词处理。分句处理主要是依据标点符号将几何命题分割为一个个命题简单句。分词是将命题简单句进一步分割为一个个具有独立意义的词汇。中文的词与词之间不同于英文,没有明显的空格作为分隔符,因此,需要使用一定的方法进行词语切分。目

前,中文分词技术已经相对成熟,如中科院的分词系统 ICTCLAS,分词精度达到 98.345%。虽然中科院的 ICTCLAS 通用分词精度很高,但是对于专业词汇的识别效果却并不好,如 ICTCLAS 不能识别出“对顶角”、“对边”等几何概念。为此,还需要一个平面几何学词典作为 ICTCLAS 的用户词典,以提高分词的准确率。

(3)几何关系模式提取与匹配。几何关系模式的提取与匹配是几何命题理解的难点和关键,其具体的过程包括两步:首先识别出命题简单句中的几何元素和关系特征词,形成几何关系模式;然后将识别出的几何关系模式与关系模式库中的关系模式进行匹配。为简单起见,我们要求用户必须用大写字母显示声明每一个几何元素,因此,几何元素及其类型的识别相对变得简单,只需要使用正则表达式就可以获取每个几何元素的字母表示,字母前的那个词语就是对应的几何元素类型。对几何关系特征词的识别,本文采用简化的处理方法,即将除了字母以外的所有词语都作为候选的关系特征词。几何关系模式匹配将识别出的几何关系模式与模式库中的关系模式进行匹配。如果匹配成功,就输出命题简单句对应的几何作图命令序列。具体的模式匹配算法在文献^[5]中有详细介绍,这里不再赘述。

(4)几何作图命令融合。经过几何关系模式匹配后,每一个几何命题简单句被转换为对应的作图命令子集,但是,这种转化将每一个命题简单句作为相互独立的个体进行处理,没有考虑分句间的逻辑关系。如果不考虑简单句间的逻辑关系,直接将每个命题简单句的作图命令子集按照命题简单句的先后顺序合并后输出,就会导致分句的作图命令间产生冗余冲突、顺序冲突,从而甚至语义冲突。因此,在对几何命题中所有简单句进行转换后,必须使用一定的作图命令融合算法来消除冲突,从而得出最后的作图命令结果。

3 平面几何作图命令的融合

3.1 作图命令冲突分析

将几何命题简单句转化为作图命令时,没有考虑简单句间的逻辑依存关系,因此,会导致简单句间的作图命令可能存在冲突。本文通过对大量几何命题的构造形式进行分析,总结出几何命题中简单句的作图命令间主要存在以下3种冲突。

(1)冗余冲突。冗余冲突主要是指命题中后面的简单句的作图命令集中包含了前面简单句对应的部分作图命令。例如表1中,第二个命题简单句的作图命令集中有4条作图命令(加粗标识)已经被包含在第一个命题简单句的作图命令集中。

(2)顺序冲突。顺序冲突是指命题中后面的简单句要求前面简单句的部分作图命令向后或向前移动。例如表1中,第二个简单句要求第一个简单句中的`_segment AC`(波浪线标识)向后移动至第二个命题分句的最后。

(3)语义冲突。语义冲突是指后面的命题简单句的部分作图命令与前面简单句的部分作图命令在一起会导致矛盾的结果。例如表1中,第一个简单句中的`_freePoint C`与第二个简单句中的`_pointOnCircle CA`(字符边框标识)会产生语义上的冲突。

表 1 作图命令冲突示例

例题: 三角形 ABC 中, AB=AC, ……	
J 第一个分句的作图命令集为:	I 第二个分句的作图命令集为:
{_freePoint A; //作自由点 A	{_freePoint A; //作自由点 A
_freePoint B; //作自由点 B	_freePoint B; //作自由点 B
_segment A B; //作直线 AB	_segment A B; //作直线 AB
<u>_freePoint C_i</u> ; //作自由点 C	_circleOfPointRadius A A B; //以 A 为圆心, AB 为半径作圆
_segment A C _i ; //作直线 AC	<u>_pointOnCircle C A_i</u> ; //作圆 A 上的点 C
_segment B C _i ; //作直线 BC	<u>_segment A C_i</u> ; //作直线 AC

每一个作图命令可以抽象为两个组成部分:名称和参数,参数可进一步分为约束参数和返回值参数。例如, _pointOnCircle C A 的名称是_pointOnCircle,约束参数是圆 A,返回值参数是点 C。通过对相互冲突的作图命令的结构深入分析,我们发现:1)冗余冲突和顺序冲突的作图命令完全相同,语义冲突的作图命令间具有相同的返回值和不同的名称;2)顺序冲突的作图命令应该遵循后一个简单句的顺序要求;3)语义冲突的作图命令应该保留后一个简单句的作图命令,删除前一个简单句的作图命令,其位置应遵循后一个简单句的要求。

3.2 作图命令融合算法

作图命令融合的关键是发现和解决 3 种冲突问题。通过对作图命令的冲突的分析可以发现,识别 3 种冲突的基本方法是命令名称、参数的条件匹配,解决冲突的基本思路是丢弃冗余的作图命令,调整顺序冲突的作图命令,替换语义冲突的作图命令,插入新的作图命令。

根据作图命令的结构,本文将每一个简单句的作图命令序列存储为一个数组,数组的每个元素存储一条作图命令。作图命令的形式化定义如下:

```

Typedef struct ConstructCmd{
    String name; //命令名称
    Char[] returnParams; //命令返回值参数
    Char[] constraintParams; //命令约束参数
    Int flag; //标识该命令是否属于后一分句;
} ConstructCmd;
    
```

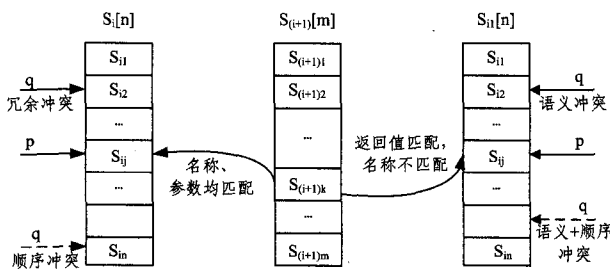


图 2 冲突识别过程

将相邻的两个分句的作图命令表示为 S_i 和 S_{i+1} ,发现 3 种冲突的基本过程是依次将 S_{i+1} 中的每一条作图命令 $S_{(i+1)k}$ 与 S_i 中的所有作图命令进行匹配。在匹配的过程中需要定义两个指针:循环指针 p 和记忆指针 q 。 p 实现 S_{i+1} 中每一条作图命令与 S_i 中所有作图命令循环匹配。 q 记住 S_{i+1} 中上一条作图命令在 S_i 中的位置。匹配的基本过程为(见图 2):

- 如果 $S_{(i+1)k}$ 与 S_{ij} 在名称、返回值参数和约束参数上都相同,且 $p \geq q$,则 S_{ij} 与 $S_{(i+1)k}$ 发生冗余冲突。
- 如果 $S_{(i+1)k}$ 与 S_{ij} 在名称、返回值参数和约束参数上都相同,且 $p < q$,则 S_{ij} 与 $S_{(i+1)k}$ 发生顺序冲突。
- 如果 $S_{(i+1)k}$ 与 S_{ij} 在返回值参数上相同,名称不同,且

$p > q$,则只发生了语义冲突。

• 如果 $S_{(i+1)k}$ 与 S_{ij} 返回值参数相同,名称不同,且 $p < q$,则发生了语义和顺序冲突。

• 如果 $S_{(i+1)k}$ 与 S_i 中所有作图命令名称和返回值参数均不同,则 $S_{(i+1)k}$ 是新命令。

解决冲突的过程中,需要用到前一个分句的作图命令 S_i 中每个节点的标志位。解决冲突的基本策略是(见图 3):

- 冗余冲突: $q \leftarrow p, S_{ij} \rightarrow flag = 1$ 。
- 顺序冲突:将 $p \sim q$ 间标志位为 0 的作图命令移动到 q 的后面, $q \leftarrow q + 1, S_{ij} \rightarrow flag = 1$ 。
- 只有语义冲突: $S_{ij} \leftarrow S_{(i+1)k}, q \leftarrow p, S_{ij} \rightarrow flag = 1$ 。
- 顺序+语义冲突: $S_{ij} \leftarrow S_{(i+1)k}$,将 $p \sim q$ 间标志位为 0 的作图命令移动到 q 的后面, $q \leftarrow q + 1, S_{ij} \rightarrow flag = 1$ 。
- 新命令:将 $S_{(i+1)k}$ 插入 S_i 最后, q 移动到 S_i 最后, $S_{ij} \rightarrow flag = 1$ 。

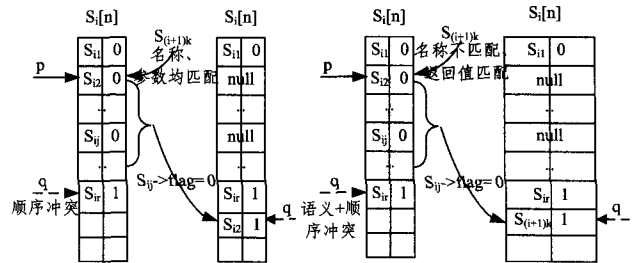


图 3 解决冲突的过程

据此,本文设计了一个几何命题分句间作图命令融合算法。算法的伪代码如下所示。

```

Input: Si = {ci1, ci2, ..., cij, ...} (0 ≤ j ≤ n)
    //第 i 个简单句的作图命令集;
    S(i+1) = {c(i+1)1, c(i+1)2, ..., c(i+1)k, ...} (0 ≤ k ≤ m)
    //第 i+1 个简单句的作图命令集;
Output: Si //融合后的作图命令集
Process:
Step 1 初始化记忆指针 p ← 0
Step 2 for each c(i+1)k in S(i+1) do
    for each cij in Si do
        if c(i+1)k = cij then
            //作图命令完全相同,出现冗余或顺序冲突
            if j < p then //出现顺序冲突
                remove(p+1, cij ~ cip, 0);
                //将 cij ~ cip 中标志位为 0 的指令移到 p 后
                p++; break;
            else
                p ← j; break;
                //只出现冗余,没有出现顺序冲突
        else
            if c(i+1)k 返回值 = cij 返回值 then
                //作图命令的返回值相同,出现了语义冲突
                if j < p then
                    //代表语义冲突和顺序冲突的叠加
                    cij ← c(i+1)k
                    remove(p+1, cij ~ cip, 0);
                    p++; break;
            else
    
```

```

cij ← c(i+1)k; p ← j; break;
//代表无顺序冲突,只有语义冲突

```

```

end for
if j ≥ sizeof(Si) then
// sizeof(Si)代表 Si 中元素的数量
if p > 0 then
insert(c(i+1)k, p, Si);
p ++;
else
Si ← Si + c(i+1)k; p ← n + 1;

```

```

cip → flag ← 0;

```

```

end for

```

```

Step 3 return Si;

```

根据上述融合算法,表1中的两个分句的作图命令融合的基本过程和最后结果如图4所示。

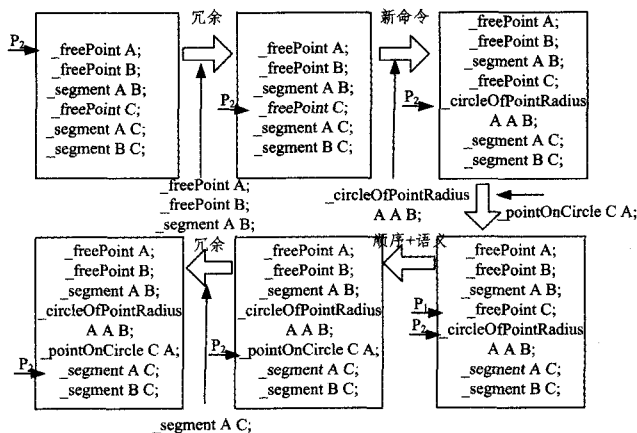


图4 融合算法举例

4 实验评价

4.1 实验工具

在几何命题理解模型的基础上,我们前期已经实现了一个自然语言几何作图接口并与已有的动态几何教学软件进行了集成,但是对几何命题分句间作图命令的融合只是做了简单的去重合并。本研究在自然语言几何作图接口中进一步融入了分句间作图命令融合算法,以期提高自然语言几何作图和推理的准确性。

自然语言几何作图接口将几何命题转换为对应的作图命令序列,然后根据几何作图命令作出对应的几何图形。例如,输入几何命题“在△ABC中,DC//AB,E是CA的中点,AB和DE交于点G,连接AD,连接GC”,系统自动生成的作图命令序列和几何图形如图5所示。

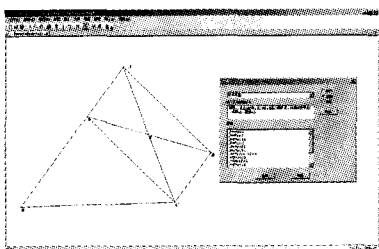


图5 自动生成的几何作图命令和几何图形

4.2 实验方法及结果分析

本文的目标是在前期工作的基础上,提出一种几何命题

分句间作图命令融合算法,以提高几何作图和推理的准确性。据此目标,我们还是以前期从初中几何教材^[7]、几何习题集^[8]中随机选取的120套平面几何习题^[6]作为测试集进行实验。这些习题均匀分布在教材中的7个主要章节中,涉及到直线、三角形、四边形和圆等多方面的知识。表2列出了部分平面几何习题。

表2 测试集中的部分几何习题

序号	题目内容	章节
1	在三角形ABC中,D是边AC的中点,EC//AB,DE交AB于F,连接DF	相交线与平行线
2	在△ABC中,DC//AB,E是CA的中点,AB和DE交于点G,连接EG,连接AD,连接GC	三角形
3	四边形ABCD是平行四边形,AE⊥BD于点E,CF⊥BD于点F	四边形
4	在三角形ABC中,以AB为边作正方形ABDE,再以AC为边作另一个正方形CAFG	四边形
5	CA垂直且等于CB,D是AB中点,E是CA上一点,过A作BC的平行线,FD垂直DE交于F	三角形
6	在三角形ABC中,AD⊥BC于D,BE⊥AC于E,AD交BE于H,⊙O是△ABC的外接圆,⊙I是△ABH的外接圆	圆
7	△ABC的外接圆是⊙O,AK是⊙O的直径,H是△ABC的垂心,连接KH	圆
8	在△ABC中,BD⊥AC于D,CE⊥AB于E,BF⊥DE于F,CG⊥DE于G,连接EF,连接DG	勾股定理
9	在△ABC中,CP垂直AB于P,BQ垂直AC于Q,M为BC的中点,连接PM,连接MQ	三角形
.....

在实验的过程中,我们将本文提出的几何命题理解方法与文献[3]中的方法进行了对比分析。文献[3]中一个命题分句对应一条嵌套的作图命令,本文中一个命题分句对应一系列扁平的作图命令。嵌套的作图命令能够有效避免分句间命令产生的顺序冲突,但是,冗余子命令依然存在,而且无法处理命题间的语义冲突。举例如下:

例1 在三角形ABC中,D是边AB的中点,EC//AB。

文献[3]结果: triangle(A, B, C); midPoint(D, segment(A, B)); pointOnLine(E, pLine(C, segment(A, B)));

本文方法结果: _freePoint A; _freePoint B; _segment A B; _midPoint D A B; _freePoint C; pointOnPLine E C A B; _segment A C; _segment B C。

从文献[3]的结果可以看出,segment(A, B)出现了两次,是一条冗余的命令,而本文方法的结果中每条命令都不重复。

例2 在三角形ABC中,AB⊥AC。

文献[3]结果: triangle(A, B, C); pointOnLine(B, tline(A, A, C));

本文方法结果: _freePoint A; _freePoint B; _segment A B; pointOnTLine C A A B; _segment A C; _segment B C。

文献[3]的结果中,两条指令明显存在语义上的冲突,第一条指令是作一个自由三角形,而第二条又要求AB⊥AC。本文的结果不是一次性先作出三角形ABC,而是先作了AB⊥AC,再构造三角形ABC,避免了语义冲突。

在实验的过程中,本文还对比分析了使用融合算法前后系统作图的准确性。将每一道几何测试习题输入自然语言几何作图接口,对系统生成的几何作图命令序列和作出的几何

由计算结果可知,属性 $c_6, c_7, c_8, c_9, c_{11}$ 同时满足条件,虽然它们的属性取值范围都为 $\{1, 2, 3, 4\}$,但是 c_6 和 c_9 在表中的取值有 3 个, c_7, c_8, c_{11} 在表中的取值只有 2 个,按照算法,我们选择 c_6 ,算法终止。所得最后相对属性约简集为: $\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_{10}, c_{12}, c_{13}\}$ 。说明教师在平时教学过程中应该注意以下方面:①遵守教学纪律,上课时不进行与教学无关的任何活动;②概念清楚,论证严谨,重点突出,难点明确;③方法灵活,讲求实效,学生学习兴趣浓,思维活跃,注意力集中;④教学思路清晰,条理性强,精通教学内容,知识面宽;⑤目标明确,知识容量恰当,切合学生实际,要求适度;⑥教学设计合理,教学安排紧凑,整体把握好;⑦教学手段运用科学、有效,恰当使用多媒体;⑧语言表达准确、清晰、简洁;⑨通过学习能掌握一定的知识、方法与技能。结果表明,学校在招聘新教师时,不应忽略教师的基本素质而一味只注重学历。

结束语 在数据挖掘中,基于信息熵方法与基于代数方法都需在遍历决策表内的每一个属性后,再用数学运算得到核属性集,进而约减决策表。这两种方式都不能直接求解核属性,需要引入复杂的计算公式才能实现算法^[9]。本文采用基于差别矩阵的方法,用属性约简方法得到决策表的核属性。实验分析验证了算法的可行性与有效性,为决策表的属性约简提供了一条高效的途径。

(上接第 199 页)

图形人工检验统计。统计结果如表 3 所列。

表 3 完整命题理解的准确率

章节	题目数量	正确数	准确率
相交线与平行线	15	15	100.00%
三角形	19	18	94.74%
勾股定理	14	12	85.71%
全等三角形	17	16	94.12%
四边形	17	15	88.24%
相似	18	17	94.44%
圆	20	17	85.00%

表 3 的统计结果显示,自然语言几何作图接口正确完整地作出了 110 套几何习题对应的几何图形,其余 10 套几何习题对应的几何图形均不完整,需要人工补充或修订,系统整体准确率达到 91.67%,每一章的平均准确率达到 91.75%。自然语言几何作图接口相比加入融合算法前,多作出了 9 道题的正确图形,准确率从原来的 84.17% 提高到了 91.67%。由此可以看出,本文提出的几何命题分句间形式化作图命令融合算法是有效的,可以在一定程度上提高几何作图和推理证明的准确率。

结束语 现有的几何命题理解方法没有考虑几何命题中分句间的逻辑关系,将几何命题中的每个分句进行单独处理,无法解决分句间形式化命令的冗余和逻辑冲突,严重影响了后期作图和推理的准确率。本文针对这一问题,在前期的工作基础上提出了一种几何命题分句间作图命令融合算法,并将其集成应用于自然语言几何作图接口中进行实验论证。实验结果表明,本文提出的几何命题分句间形式化作图命令融合算法是有效的,可以在一定程度上提高几何作图和推理证明的准确率。

参考文献

- [1] Berry G, Boudol G. The Chemical Machine[J]. Theoretical Computer Science, 1992(96): 217-248
- [2] 张文东,李明壮,石小艳. 基于粗糙集理论的属性约简算法[J]. 计算机工程与设计, 2008, 11(29): 95-97
- [3] He X. coefficient of variation and its application to strength prediction of adhesively bonded joints[C]// Proceedings of International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. 2009: 602-605
- [4] 张长胜. 基于决策表的区分矩阵增量属性约简算法[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(35): 110-113
- [5] 程京,朱婧,张帆. 一个基于差别矩阵的属性约简改进算法[J]. 湖南大学学报, 2009, 36(4): 85-88
- [6] 杜晓昕,徐慧,任长伟,等. 基于粗糙集的属性约简在数据挖掘中的研究[OL]. hyyp://www.paper.edu.cn
- [7] 刘香怡. 粗糙集在教学质量评价中的应用[J]. 中国管理信息化, 2011, 11(12): 86-87
- [8] 付海艳,符谋松,张诚一. 粗糙集理论在高校教学质量评价分析中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(46): 214-216
- [9] 张任伟,白晓颖,郁莲,等. 决策表的属性约简算法综述[J]. 计算机科学, 2011, 11(38): 1-6
- [10] 陈媛,杨栋. 基于信息熵的属性约简算法及应用[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版, 2013, 27(1): 42-46

但是,本文提出的融合算法建立在几何命题分句的形式化作图命令之上,无法解决几何命题分句理解不准确带来的问题。事实上,几何命题是对几何图形性质的描述,要生成正确的形式化作图命令,还需要运用几何知识进行必要的逻辑推理。因此,如何运用几何知识本体进行推理,将几何命题作为一个整体进行理解,最后生成正确的形式化作图命令序列,将是我们下一步研究的目标。

参考文献

- [1] Fabricz K, Alexin Z, Gyimothy T, et al. THALES; a Software Package for Plane Geometry Constructions with a Natural Language Interface[C]// Proceedings of the 13th conference on Computational linguistics. Vol. 1, 1990: 44-46
- [2] 余莉,符红光,方海光. 几何命题处理中的中文分词技术[J]. 计算机工程, 2005, 31(18): 180-182
- [3] 余莉,符红光. 基于自然语言处理的计算机几何作图[J]. 计算机应用, 2005, 25(1): 7-10
- [4] 石磊,亿珍珍,赵克. 一种自然语言理解系统的研究与实现[J]. 微电子学与计算机, 2006, 23(7): 83-86
- [5] Liu Qing-tang, Huang Huan, Wu Lin-jing. Using Restricted Natural Language for Geometric Construction[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 145: 465-469
- [6] 郭海燕,刘清堂,陈矛,等. 面向平面几何的自然语言作图研究[J]. 计算机科学, 2012, 39(6): 503-506
- [7] 义务教育课程标准实验教科书——数学(七年级上—九年级下)[M]. 北京:人民教育出版社, 2006
- [8] 吴振奎. 世界数学奥林匹克解题库[M]. 石家庄:河北少年儿童出版社, 2000
- [9] 高小山. 数学期械化自动推理平台 MMP 用户手册[M/OL]. ht-tp://www.mmrc.iss.ac.cn/mmp/, 2012-10-08