



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114091430 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 25

(21) 申请号 202010609575.9

(22) 申请日 2020.06.29

(71) 申请人 微软技术许可有限责任公司

地址 美国华盛顿州

(72) 发明人 林泽琦 楼建光 张冬梅

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 黄倩

(51) Int. Cl.

G06F 40/211 (2020.01)

G06F 40/289 (2020.01)

G06F 40/30 (2020.01)

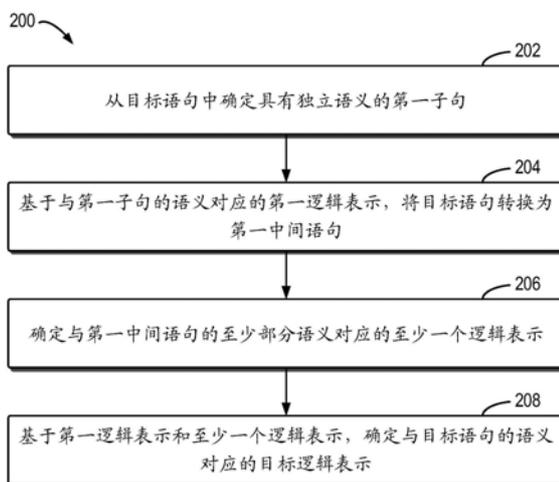
权利要求书3页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

基于子句的语义解析

(57) 摘要

根据本公开的实现,提供了一种基于子句的语义解析方案。在该方案中,从目标语句中确定具有独立语义的第一子句。基于与第一子句的语义对应的第一逻辑表示,目标语句被转换为第一中间语句。随后,确定与第一中间语句的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示。以上获得的第一逻辑表示和该至少一个逻辑表示可以用于确定与目标语句的语义对应的目标逻辑表示。由此,可以实现更为准确的语义解析。



1. 一种计算机实施的方法,包括:
从目标语句中确定具有独立语义的第一子句;
基于与所述第一子句的语义对应的第一逻辑表示,将所述目标语句转换为第一中间语句;
确定与所述第一中间语句的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示;以及
基于所述第一逻辑表示和所述至少一个逻辑表示,确定与所述目标语句的语义对应的目标逻辑表示。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中确定所述至少一个逻辑表示包括:
如果确定所述第一中间语句包括具有独立语义的第二子句,
基于与所述第二子句的语义对应的第二逻辑表示,将所述第一中间语句转换为第二中间语句;以及
确定与所述第二中间语句的至少部分语义对应的第三逻辑表示;以及
至少基于所述第二逻辑表示和所述第三逻辑表示,确定所述至少一个逻辑表示。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中确定所述第一子句包括:
利用子句识别模型从所述目标语句中标识第一子句,其中所述子句识别模型是基于多个训练语句和每个训练语句中具有独立语义的独立子句的位置信息而被训练的。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述位置信息指示所述独立子句在所述训练语句中的起始位置和终止位置。
5. 根据权利要求3所述的方法,还包括:
确定与所述训练语句对应的语句逻辑表示;
确定所述训练语句中的候选子句的子句逻辑表示;以及
如果确定所述语句逻辑表示包括所述子句逻辑表示,将所述候选子句确定为所述独立子句。
6. 根据权利要求3所述的方法,还包括:
确定与所述训练语句对应的语句逻辑表示;
确定所述训练语句中的候选子句的子句逻辑表示;以及
如果确定所述语句逻辑表示包括所述子句逻辑表示,
基于所述子句逻辑表示,将所述训练语句转换为中间训练语句;
确定所述中间训练语句的第一中间逻辑表示;
基于所述子句逻辑表示,将所述语句逻辑表示转换为第二中间逻辑表示;以及
基于所述第一中间逻辑表示与所述第二中间逻辑表示的差异,将所述候选子句确定为所述独立子句。
7. 根据权利要求3所述的方法,其中所述第一逻辑表示是利用逻辑表示解析模型所确定的,并且所述子句识别模型和所述逻辑表示解析模型是基于同一训练数据集而被联合训练的。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中将所述目标语句转换为第一中间语句包括:
利用所述第一逻辑表示的简化表示替换所述目标语句中的第一子句,以获得所述第一中间语句。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中确定所述目标语句的目标逻辑表示包括:

组合所述第一逻辑表示和所述至少一个逻辑表示,以确定所述目标逻辑表示。

10. 一种设备,包括:

处理单元;以及

存储器,耦合至所述处理单元并且包含存储于其上的指令,所述指令在由所述处理单元执行时使所述设备执行动作,所述动作包括:

从目标语句中确定具有独立语义的第一子句;

基于与所述第一子句的语义对应的第一逻辑表示,将所述目标语句转换为第一中间语句;

确定与所述第一中间语句的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示;以及

基于所述第一逻辑表示和所述至少一个逻辑表示,确定与所述目标语句的语义对应的目标逻辑表示。

11. 根据权利要求10所述的设备,其中确定所述至少一个逻辑表示包括:

如果确定所述第一中间语句包括具有独立语义的第二子句,

基于与所述第二子句的语义对应的第二逻辑表示,将所述第一中间语句转换为第二中间语句;以及

确定与所述第二中间语句的至少部分语义对应的第三逻辑表示;以及

至少基于所述第二逻辑表示和所述第三逻辑表示,确定所述至少一个逻辑表示。

12. 根据权利要求10所述的设备,其中确定所述第一子句包括:

利用子句识别模型从所述目标语句中标识第一子句,其中所述子句识别模型是基于多个训练语句和每个训练语句中具有独立语义的独立子句的位置信息而被训练的。

13. 根据权利要求12所述的设备,其中所述位置信息指示所述独立子句在所述训练语句中的起始位置和终止位置。

14. 根据权利要求12所述的设备,所述动作还包括:

确定与所述训练语句对应的语句逻辑表示;

确定所述训练语句中的候选子句的子句逻辑表示;以及

如果确定所述语句逻辑表示包括所述子句逻辑表示,将所述候选子句确定为所述独立子句。

15. 根据权利要求12所述的设备,所述动作还包括:

确定与所述训练语句对应的语句逻辑表示;

确定所述训练语句中的候选子句的子句逻辑表示;以及

如果确定所述语句逻辑表示包括所述子句逻辑表示,

基于所述子句逻辑表示,将所述训练语句转换为中间训练语句;

确定所述中间训练语句的第一中间逻辑表示;

基于所述子句逻辑表示,将所述语句逻辑表示转换为第二中间逻辑表示;以及

基于所述第一中间逻辑表示与所述第二中间逻辑表示的差异,将所述候选子句确定为所述独立子句。

16. 根据权利要求12所述的设备,其中所述第一逻辑表示是利用逻辑表示解析模型所确定的,并且所述子句识别模型和所述逻辑表示解析模型是基于同一训练数据集而被联合训练的。

17. 根据权利要求10所述的设备,其中将所述目标语句转换为第一中间语句包括:
利用所述第一逻辑表示的简化表示替换所述目标语句中的第一子句,以获得所述第一中间语句。

18. 根据权利要求10所述的设备,其中确定所述目标语句的目标逻辑表示包括:
组合所述第一逻辑表示和所述至少一个逻辑表示,以确定所述目标逻辑表示。

19. 一种计算机程序产品,所述计算机程序产品被有形地存储在非瞬态计算机存储介质中并且包括机器可执行指令,所述机器可执行指令在由设备执行时使所述设备执行动作,所述动作包括:

从目标语句中确定具有独立语义的第一子句;

基于与所述第一子句的语义对应的第一逻辑表示,将所述目标语句转换为第一中间语句;

确定与所述第一中间语句的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示;以及

基于所述第一逻辑表示和所述至少一个逻辑表示,确定与所述目标语句的语义对应的目标逻辑表示。

20. 根据权利要求19所述的计算机程序产品,其中确定所述至少一个逻辑表示包括:

如果确定所述第一中间语句包括具有独立语义的第二子句,

基于与所述第二子句的语义对应的第二逻辑表示,将所述第一中间语句转换为第二中间语句;以及

确定与所述第二中间语句的至少部分语义对应的第三逻辑表示;以及

至少基于所述第二逻辑表示和所述第三逻辑表示,确定所述至少一个逻辑表示。

基于子句的语义解析

背景技术

[0001] 近年来,人工智能技术发展迅速,并且已经被广泛地应用于人们生活的各个方面。作为人工智能技术的一项研究热点,自然语言的语义解析(也称,语义识别)是多种人工智能应用场景的基础技术之一。语义解析技术将自然语言解释为机器可理解的逻辑表示,从而支持计算机执行对应的后续操作。例如,智能语音助手依赖于语义解析技术来理解用户通过自然语言所询问的问题或者发出的指令。

[0002] 除了传统的基于语法的语义解析外,一些方案可以通过机器学习模型来实现语义解析。然而,由于训练语料的局限性,目前机器学习模型执行语义解析的准确性难以得到保证。

发明内容

[0003] 根据本公开的实现,提供了一种基于子句的语义解析方案。在该方案中,从目标语句中确定具有独立语义的第一子句。基于与第一子句的语义对应的第一逻辑表示,目标语句被转换为第一中间语句。随后,确定与第一中间语句的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示。以上获得的第一逻辑表示和该至少一个逻辑表示可以用于确定与目标语句的语义对应的目标逻辑表示。由此,可以实现更为准确的语义解析。

[0004] 提供发明内容部分是为了简化的形式来介绍对概念的标识,其在下文的具体实施方式中将被进一步描述。发明内容部分无意标识要求保护的主题的关键特征或主要特征,也无意限制要求保护的主题的范围。

附图说明

[0005] 图1示出了能够在其中实施本公开的多个实现的计算环境的框图;

[0006] 图2示出了根据本公开的一些实现的语义解析的过程的流程图;

[0007] 图3示出了根据本公开的一些实现的基于子句的语义解析的示意图;以及

[0008] 图4示出了根据本公开的一些实现的确定至少一个逻辑表示的过程的流程图;

[0009] 图5示出了根据本公开的一些实现的生产子句识别模型的训练语料的过程的流程图。

[0010] 这些附图中,相同或相似参考符号用于表示相同或相似元素。

具体实施方式

[0011] 现在将参照若干示例实现来论述本公开。应当理解,论述了这些实现仅是为了使本领域普通技术人员能够更好地理解且因此实现本公开,而不是暗示对本公开的范围的任何限制。

[0012] 如本文所使用的,术语“包括”及其变体要被解读为意味着“包括但不限于”的开放式术语。术语“基于”要被解读为“至少部分地基于”。术语“一个实现”和“一种实现”要被解读为“至少一个实现”。术语“另一个实现”要被解读为“至少一个其他实现”。术语“第一”、

“第二”等等可以指代不同的或相同的对象。下文还可能包括其他明确的和隐含的定义。

[0013] 如上文所讨论的,一些方案可以通过机器学习模型来实现语义解析。由于训练语料的局限性,传统地机器学习模型通常只能对于训练语料结构类似的输入语句进行较好地语义解析,而难以有效地解析具有复杂结构的语句。

[0014] 根据本公开的实现,提出了一种用于超分率图像重建的方案。在该方案中,从目标语句中确定具有独立语义的第一子句。基于与第一子句的语义对应的第一逻辑表示,目标语句被转换为第一中间语句。随后,确定与第一中间语句的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示。以上获得的第一逻辑表示和该至少一个逻辑表示可以用于确定与目标语句的语义对应的目标逻辑表示。由此,可以克服现有的语义解析模型训练数据有限,并且难以处理具有复杂结构的语句的缺陷,可以实现更为准确的语义解析。

[0015] 以下进一步结合附图来详细描述该方案的各种示例实现。

[0016] 图1示出了能够在其中实施本公开的多个实现的计算环境100的框图。应当理解,图1所示出的计算环境100仅仅是示例性的,而不应当构成对本公开所描述的实现的功能和范围的任何限制。如图1所示,计算环境100包括通用计算设备形式的计算设备102。计算设备102的组件可以包括但不限于一个或多个处理器或处理单元110、存储器120、存储设备130、一个或多个通信单元140、一个或多个输入设备150以及一个或多个输出设备160。

[0017] 在一些实现中,计算设备102可以被实现为各种用户终端或服务终端。服务终端可以是各种服务提供方提供的服务器、大型计算设备等。用户终端诸如是任何类型的移动终端、固定终端或便携式终端,包括移动手机、多媒体计算机、多媒体平板、互联网节点、通信器、台式计算机、膝上型计算机、笔记本计算机、上网本计算机、平板计算机、个人通信系统(PCS)设备、个人导航设备、个人数字助理(PDA)、音频/视频播放器、数码相机/摄像机、定位设备、电视接收器、无线电广播接收器、电子书设备、游戏设备或者其任意组合,包括这些设备的配件和外设或者其任意组合。还可预见的是,计算设备102能够支持任何类型的针对用户的接口(诸如“可佩戴”电路等)。

[0018] 处理单元110可以是实际或虚拟处理器并且能够根据存储器120中存储的程序来执行各种处理。在多处理器系统中,多个处理单元并行执行计算机可执行指令,以提高计算设备102的并行处理能力。处理单元110也可以被称为中央处理单元(CPU)、微处理器、控制器、微控制器。

[0019] 计算设备102通常包括多个计算机存储介质。这样的介质可以是计算设备102可访问的任何可以获得的介质,包括但不限于易失性和非易失性介质、可拆卸和不可拆卸介质。存储器120可以是易失性存储器(例如寄存器、高速缓存、随机访问存储器(RAM))、非易失性存储器(例如,只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、闪存)或其某种组合。存储器120可以包括语义解析模块122,这些程序模块被配置为执行本文所描述的各种实现的功能。语义解析模块122可以由处理单元110访问和运行,以实现相应功能。存储设备130可以是可拆卸或不可拆卸的介质,并且可以包括机器可读介质,其能够用于存储信息和/或数据并且可以在计算设备102内被访问。

[0020] 计算设备102的组件的功能可以以单个计算集群或多个计算机器来实现,这些计算机器能够通过通信连接进行通信。因此,计算设备102可以使用与一个或多个其他服务器、个人计算机(PC)或者另一个一般网络节点的逻辑连接来在联网环境中进行操作。计算

设备102还可以根据需要通过通信单元140与一个或多个外部设备(未示出)进行通信,外部设备诸如数据库170、其他存储设备、服务器、显示设备等,与一个或多个使得用户与计算设备102交互的设备进行通信,或者与使得计算设备102与一个或多个其他计算设备通信的任何设备(例如,网卡、调制解调器等)进行通信。这样的通信可以经由输入/输出(I/O)接口(未示出)来执行。

[0021] 输入设备150可以是一个或多个各种输入设备,例如鼠标、键盘、追踪球、语音输入设备、相机等。输出设备160可以是一个或多个输出设备,例如显示器、扬声器、打印机等。

[0022] 计算设备102可以用于基于子句的语义解析。为了执行语义解析,计算设备102可以获取目标语句104。在一些实现中,计算设备102可以通过输入设备150接收目标语句104。取决于具体的场景,不同类型的输入设备150可以被用于接收目标语句104。

[0023] 备选地,目标语句104可以是由用户经由与计算设备102的不同的设备所输入。随后,目标语句104可以通过有线或者无线网络而被发送至计算设备102的通信单元140。

[0024] 备选地,目标语句104也可以是被存储在计算设备102内部的存储设备130中的数据。示例性地,目标语句104可以是由计算设备102上运行的其他模块所输出的。例如,目标语句104可以是由计算设备102运行的语音识别模块对用户输入的语音数据进行语音识别的结果。

[0025] 在图1的示例中,目标语句104是以英语书写的语句“`How many rivers run through the states bordering Colorado?`”应当理解,目标语句104可以是以任何语言书写的,本公开不旨在对此进行限定。

[0026] 目标语句104被用作语义解析模块122的输入。计算设备102的处理单元110能够运行语义解析模块122,以生成与目标语句104的语义相对应的目标逻辑表示106“`count (river (traverse_2 (state (next_to_2 (stateid ('colorado'))))))`”。

[0027] 应当理解,目标逻辑表示106可以通过计算机可以理解的语言(而非自然语言)来表示,以上目标逻辑表示106的具体示例仅是示意性的。根据需要,目标逻辑表示106还可以采用任何适当的形式,例如,功能查询语言、PROLOG查询语言、SQL查询语言、SPARQL查询语言或者Lambda-DCS查询语言等等。本公开不旨在对于目标逻辑表示106的具体形式进行限定。

[0028] 在一些实现中,语义解析模块122可以将目标逻辑表示106提供作为计算设备102上运行的其他模块的输入,以使计算设备102执行附加的动作。例如,基于目标逻辑表示106,计算设备102上运行的其他功能模块可以获得与目标逻辑表示106所对应的答案,并将该答案提供至输出模块106。输出模块106可以将该答案通过任何适当的形式提供给用户。

[0029] 备选地,语义解析模块122也可以将目标逻辑表示106通过有线或者无线网络发送至于计算设备102不同的设备,以使得该设备执行附加的动作。例如,当目标语句104例如是与控制设备相关联的命令语句时,目标逻辑表示106可以使得该设备执行与该命令语句对应的动作。

[0030] 以下将详细讨论在语义解析模块122中基于子句的语义解析的示例实现。

[0031] 示例过程

[0032] 图2示出了根据本公开一些实现的语义解析过程200的流程图。过程200可以由计算设备102来实现,例如可以被实现在计算设备102的语义解析模块122中。

[0033] 如图2所示,在202,计算设备102从目标语句104中确定具有独立语义的第一子句。在本文中,目标语句104是指以自然语言表示的一个语句。如上文所讨论的,目标语句104可以是由用户输入,或者由其他模块所生成等。应当理解,计算设备102可以通过任何适当的方式来获得待解析的目标语句104,本公开不旨在此进行限定。

[0034] 以下将结合图3的示例来描述图2中讨论的过程。图3示出了根据本公开的一些实现的基于子句的语义解析的示意图300。如图3所示,计算设备102可以从目标语句104中确定具有独立语义的第一子句302“the states bordering Colorado”。

[0035] 在一些实现中,计算设备102可以利用机器学习模型来从目标语句104中确定第一子句302。例如,计算设备102可以将目标语句104输入到子句识别模型,以获得具有独立语义的第一子句302在目标语句104中的起始位置和终止位置。

[0036] 例如,对于图3的示例,子句识别模型例如可以输出第一子句302的起始位置为单词“the”在目标语句104中的单词次序(例如,6),终止位置为单词“Colorado”在目标语句104中的单词次序(例如,9)。备选地,起始位置也可以是单词“the”的起始字母“t”在目标语句中的字符次序,终止位置为单词“Colorado”中的结束字母“o”在目标语句中的字符次序。

[0037] 应当理解,起始位置和终止位置仅是为了唯一地从目标语句104中标识出第一子句302,可以采用任何适当的位置信息来指示起始位置和终止位置或标识第一子句302在目标语句104中的位置,本公开不旨在此进行限定。

[0038] 在一些实现中,子句识别模型可以基于多个训练语句和每个训练语句中具有独立语义的独立子句的位置信息而被训练。与子句识别模型的输出相同,位置信息可以指示独立子句在训练语句中的起始位置和终止位置。子句识别模型的目标函数 $\mathcal{J}_{Seg}(\phi)$ 可以表示为:

$$[0039] \quad \mathcal{J}_{Seg}(\phi) = \sum_{(x,s) \in \mathcal{A}} \log p(s|x) \quad (1)$$

[0040] 其中, ϕ 表示子句识别模型的参数, \mathcal{A} 表示训练数据集, s 表示独立子句, x 表示训练语句, $p(s|x)$ 表示从 x 中确定出 s 的条件概率。

[0041] 在一些实现中,独立子句的位置信息例如可以通过人工的方式进行标注。备选地,该位置信息也可以是根据用于训练逻辑表示解析模型的基础训练数据所生成的。基础训练数据仅包括原始语句和对应的逻辑表示,而不包括独立子句的位置信息。关于基于基础训练数据来确定位置信息的过程将在下文中结合模型的训练过程详细描述。

[0042] 在204,计算设备102基于与第一子句的语义对应的第一逻辑表示,将目标语句转换为第一中间语句。具体地,计算设备102可以首先确定与第一子句的语义对应的第一逻辑表示。

[0043] 在一些实现中,计算设备102也可以利用机器学习模型来确定第一逻辑表示。应当理解,计算设备102可以利用任何适当的逻辑表示解析模型来生成第一逻辑表示。

[0044] 示例性地,可以采用由Dong和Lapata于2016年提出的序列到序列语义解析模型来生成第一逻辑表示,该模型包括编码器和解码器。应当理解,可以采用已有的适当训练集来训练该模型,以使得该模型能够生成与语句的语义对应的逻辑表示。

[0045] 在图3的示例中,第一子句104被转换为对应的第一逻辑表示304“state(next_to_2(stateid(‘colorado’)))”。

[0046] 随后,计算设备102还可以确定与第一逻辑表示所对应的简化表示。示例性地,可以采用由Aho和Ullman于1969年提出的语法指引的变换算法来将确定第一逻辑表示的简化表示。在图3的示例中,根据该变换方法,第一子句302“the states bordering Colorado”可以被表示为简化表示310“\$state\$”。应当理解,还可以采用其他任何适当的简化表示确定方法,本公开不旨在对此进行限定。

[0047] 进一步地,计算设备102可以利用第一逻辑表示的简化表示替换目标语句中的第一子句以获得中间语句。在图3的示例中,在利用简化表示310替换目标语句104中的第一子句302后,可以获得中间语句306“How many rivers run through\$state\$”。

[0048] 在206,计算设备102确定与第一中间语句的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示。

[0049] 以下将结合图4来描述206的详细过程,图4示出了根据本公开的一些实现的确定至少一个逻辑表示的过程的流程图400。

[0050] 如图4所示,在402,计算设备102可以确定第一中间语句是否包括具有独立语义的第二子句。继续参考图3的示例,计算设备102可以利用子句识别模型来继续处理第一中间语句306,以确定第一中间语句306是否还包括具有独立语义的第二子句。

[0051] 响应于在402确定第一中间语句不包括具有独立语义的第二子句,则过程400进行到框410。在410,计算设备102可以确定与第一中间语句的语义对应的逻辑表示,以作为至少一个逻辑表示。具体地,计算设备102可以利用上文所讨论的逻辑表示解析模型来生成与第一中间语句的语义对应的逻辑表示。

[0052] 相反,如果在402确定第一中间语句包括具有独立语义的第二子句,则过程400进行到框404。在404,计算设备102可以基于与第二子句的语义对应的第二逻辑表示,将第一中间语句转换为第二中间语句。

[0053] 在图3的示例中,计算设备102例如可以利用子句识别模型确定第一中间语句306中还包括具有独立的语义的第二子句308“rivers run through\$state\$”。

[0054] 与参考204所讨论的步骤类似,计算设备102可以确定与第二子句308的语义对应的第二逻辑表示312“river(traverse_2(\$state\$))”。计算设备102可以确定第二逻辑表示312的简化表示316“\$river\$”。随后,计算设备102可以利用简化表示316替换第一中间语句306中的第二子句308,以获得第二中间语句314。

[0055] 在406,计算设备102可以确定与第二中间语句的至少部分语义对应的第三逻辑表示。

[0056] 具体地,计算设备102可以参考402、404和410的步骤的生成与第二中间语句的至少部分语义对应的第三逻辑表示。也即,计算设备102可以迭代地判断所生成的第二中间语句是否还包括具有独立语义的子句。如果包括具有独立语义的子句,则计算设备102可以迭代地执行方法402-406,以依次解析出与具有独立语义的子句所对应的逻辑表示。相反,在经历若干次迭代解析后,如果所生成的中间语句不再包括独立语义的子句,则计算设备102可以生成与该中间语句的全部语义所对应的逻辑表示,并终止迭代。

[0057] 继续图3的示例,计算设备102可以利用子句生成模型确定第二中间语句314中不

再包括具有独立语义的子句。相应地,计算设备102可以生成与第二中间语句314的全部语义所对应的第三逻辑表示318“count(\$river\$)”,并终止迭代解析的过程。

[0058] 在408,计算设备102可以至少基于第二逻辑表示和第三逻辑表示,确定至少一个逻辑表示。具体地,计算设备102可以将迭代解析所获得的第二逻辑表示和至少一个第三逻辑表示用作与第一中间语句的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示。

[0059] 以图3作为示例,计算设备102可以确定与第一中间语句306的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示包括:第二逻辑表示312和第三逻辑表示318。

[0060] 在208,计算设备102基于第一逻辑表示和至少一个逻辑表示,确定与目标语句的语义对应的目标逻辑表示。具体地,计算设备102可以通过组合第一逻辑表示和至少一个逻辑表示,以确定目标逻辑表示。

[0061] 示例性地,在利用简化表示来替代对应的逻辑表示的情况下,计算设备102可以依次利用逻辑表示来替换简化表示,以获得与目标语句的语义对应的逻辑表示。

[0062] 对于图3的示例,计算设备102可以利用第一逻辑表示304、第二逻辑表示312和第三逻辑表示318来生成目标逻辑表示。具体地,计算设备102可以利用第一逻辑表示304来替换第二逻辑表示312中的简化表示310,以得到逻辑表示“river(traverse_2(state(next_to_2(stateid('colorado')))))”。随后,计算设备102可以利用该逻辑表示替换第三逻辑表示318中与第二逻辑表示312所对应的简化表示316,从而获得目标逻辑表示为:count(river(traverse_2(state(next_to_2(stateid('colorado')))))。)

[0063] 基于上文所讨论的方式,本公开的实现可以迭代地解析目标语句中所包括的子句的逻辑表示,从而将复杂的目标语句转换为多个简单子句的逻辑表示的组合。由于当前语义解析模型的训练语料通常是有限地,这些语义解析模型往往难以处理具有复杂语法结构的语句。通过本公开的基于子句的语义解析方法,本公开的实施例可以不依赖于额外的训练语料,而有效地处理具有复杂结构的语句,从而提高语义解析的准确度。

[0064] 模型的训练

[0065] 如上文所讨论的,本公开可以利用子句识别模型来从目标语句中识别具有独立语义的子句,并利用逻辑表示解析模型来确定与子句的语义对应的逻辑表示。下文将详细讨论子句识别模型和逻辑表示解析模型的训练过程。

[0066] 在一些实现中,子句识别模型和逻辑解析模型可以被独立地训练。应当理解,用于训练逻辑解析模型的语料是容易获取的,逻辑解析模型可以采用已有的适当训练语料来进行训练。相反,目前并没有公开的可用于的子句识别模型的训练语料。

[0067] 一方面,如上文所讨论,用于训练子句识别模型的训练语料可以是利用人工标准所生产的。然而,这样的方式需要大量的人力投入,并且所获得的训练语料的数据量也通常是有限的。这将极大地影响模型的准确性。

[0068] 根据本公开的一些实现,可以利用已有的用于训练逻辑解析模型的语料来生产用于训练子句识别模型的训练语料。以下将结合图5来描述根据本公开的一些实现的生产子句识别模型的训练语料的过程500的流程图。

[0069] 在一些实现中,过程500可以由计算设备102来实现。应当理解,生产训练语料的过程500也可以是由于计算设备102不同的设备来执行的。为了方便描述,以下将结合计算设备102来描述过程500。

[0070] 如图5所示,在502,计算设备102可以确定与训练语句对应的语句逻辑表示。例如,用于训练逻辑表示解析模型的已有训练数据集可以表示为 \mathcal{D} ,其包括多个训练实例 (x, y) ,其中 x 表示训练语句, y 表示对应的语句逻辑表示。计算设备102可以从训练数据集 \mathcal{D} 中获取训练语句 x 和对应的语句逻辑表示 y 。

[0071] 在504,计算设备102可以确定训练语句中的候选子句的子句逻辑表示。具体地,计算设备102例如可以遍历训练语句中的起始位置和终止位置,以确定对应的候选子句。随后,计算设备102例如可以利用已有的训练好的逻辑表示解析模型来确定候选子句的子句逻辑表示。

[0072] 在506,计算设备102可以确定语句逻辑表示是否包括子句逻辑表示。在一些实现中,出于简单的考虑,如果在506确定语句逻辑表示包括子句逻辑表示,计算设备102可以直接将该候选子句确定为独立子句。

[0073] 备选地,由于在训练语句中可能存在多个子句逻辑表示被包括在语句逻辑表示中的候选子句,计算设备102可以执行附加地步骤来确定候选子句是否可以被用作具有独立语义的独立子句。

[0074] 具体地,如果在506确定语句逻辑表示包括子句逻辑表示,则过程500可以进行到508。在508,计算设备102可以基于子句逻辑表示,将训练语句转换为中间训练语句。

[0075] 应当理解,可以参考204的过程来将训练语句转换为中间训练语句。具体地,计算设备102可以先确定子句逻辑表示的简化表示,并使用该简化表示来替换训练语句中的候选子句,以获得中间训练语句。

[0076] 在510,计算设备102可以确定中间训练语句的第一中间逻辑表示。具体地,计算设备102可以利用已有的训练好的逻辑表示解析模型来确定中间训练语句的第一中间逻辑表示。例如,第一中间逻辑表示可以被表示为:

$$[0077] \quad z_0([s \mapsto d(z_0(s))]x) \quad (2)$$

[0078] 其中 z_0 表示已有的训练好的逻辑表示解析模型, $z_0()$ 表示利用解析模型来处理括号中的语句, s 表示候选子句, $d(z_0(s))$ 表示候选子句的子句逻辑表示的简化表示, x 表示训练语句, $([s \mapsto d(z_0(s))]x)$ 表示在 x 中将 s 替换为 $d(z_0(s))$ 。

[0079] 在512,计算设备102可以基于子句逻辑表示将语句逻辑表示转换为第二中间逻辑表示。具体地,计算设备102可以利用子句逻辑表示的简化表示来替换语句逻辑表示中的子句逻辑表示,从而获得第二中间逻辑表示。例如,第二中间逻辑表示可以被表示为:

$$[0080] \quad [z_0(s) \mapsto d(z_0(s))]y \quad (3)$$

[0081] 其中 y 表示语句逻辑表示, $[z_0(s) \mapsto d(z_0(s))]y$ 表示在 y 中将 $z_0(s)$ 替换为 $d(z_0(s))$ 。

[0082] 在514,计算设备102可以确定第一中间逻辑表示与第二中间逻辑表示的差异。例如,计算设备102可以确定第一逻辑表示与第二逻辑表示之间的编辑距离,以作为差异。

[0083] 在516,计算设备102可以基于差异来将候选子句确定为独立子句。在一些实现中,在确定差异小于阈值时,计算设备102可以将候选子句确定为具有独立语义的子句。备选

地,计算设备102可以选择从训练语句中确定的差异最小的预定数目的候选子句,以作为具有独立语义的子句。

[0084] 基于上文所讨论的方法,本公开的实现可以利用已有的用于训练逻辑表示解析模型的训练语料来生成用于训练子句识别模型的训练语料。通过自动化的语料生成过程,可以大幅度地降低人工标注的成本,并且提高子句识别模型的准确性。

[0085] 能够看到,在创建用于训练子句识别模型的训练语料的过程中,也利用了逻辑表示解析模型。应当理解,该逻辑表示解析模型可以是与参考图2的过程中用于生成子句的逻辑表示的逻辑表示解析模型相同或者不同的模型。

[0086] 在一些实现中,用于生成子句的逻辑表示的逻辑表示解析模型可以是基于用于创建训练语料的逻辑表示解析模型(为了方便区分,称为初始逻辑表示解析模型)。应当理解,初始逻辑表示解析模型可以是基于已有的训练数据集所训练好的。

[0087] 然而,由于已有的训练数据集通常不包括利用简化表示替换子句所得到的中间语句,因此这样的初始逻辑表示解析模型在处理中间语句时可能效果不佳。

[0088] 进一步地,在获取了子句识别模型后,计算设备102例如可以将初始的训练数据集 \mathcal{D} 转换为新的训练数据集 \mathcal{D}' ,其包括多个训练实例 (x', y') ,其中 x' 和 y' 可以表示为:

$$[0089] \quad x' = [s \mapsto d(z_0(s))]x \quad (4)$$

$$[0090] \quad y' = [z_0(s) \mapsto d(z_0(s))]y \quad (5)$$

[0091] 关于公示(4)和(5)中各元素的定义参见公示(2)和(3)的说明,在此不再详叙。

[0092] 计算设备102可以利用新的训练数据集 \mathcal{D}' 来训练初始逻辑表示解析模型,以使得训练后的逻辑表示解析模型能够良好地解析包括简化表示的中间语句。

[0093] 以上介绍了独立地训练子句识别模型和逻辑表示解析模型的方法。在一些实现中,子句识别模型和逻辑表示解析模型也可以是基于同一训练数据集而被联合地训练。

[0094] 示例性地,可以采用重参数化方法来联合训练子句识别模型和逻辑表示解析模型。例如,可以利用Gumbel-Softmax方法来作为近似离散的隐藏变量的具有独立语义的子句,从而实现训练子句识别模型和逻辑表示解析模型的联合训练。

[0095] 备选地,还可以采用策略梯度方法来联合训练子句识别模型和逻辑表示解析模型。具体地,可以使用蒙特卡洛采样来对子句识别模型的输出进行采样,以获对应的子句。随后,可以利用上文讨论的利用逻辑表示的简化表示来替换子句的方法来替换语句,以获得子句和经替换的语句,并利用逻辑表示解析模型分别处理以获得对应的两个逻辑表示。在训练过程中,训练的目标是使得两个逻辑表示的组合接近于训练语句对应的逻辑表示真值。

[0096] 应当理解,以上联合训练的方式仅是适应性的,还可以根据需要设计其他适当的联合训练方法。

[0097] 示例实现方式

[0098] 以下列出了本公开的一些示例实现方式。

[0099] 在第一方面,本公开提供了一种计算机实施的方法,包括:从目标语句中确定具有独立语义的第一子句;基于与第一子句的语义对应的第一逻辑表示,将目标语句转换为第一中间语句;确定与第一中间语句的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示;以及基于第

一逻辑表示和至少一个逻辑表示,确定与目标语句的语义对应的目标逻辑表示。

[0100] 在一些实现中,确定至少一个逻辑表示包括:如果确定第一中间语句包括具有独立语义的第二子句,

[0101] 基于与第二子句的语义对应的第二逻辑表示,将第一中间语句转换为第二中间语句;以及确定与第二中间语句的至少部分语义对应的第三逻辑表示;以及至少基于第二逻辑表示和第三逻辑表示,确定至少一个逻辑表示。

[0102] 在一些实现中,确定第一子句包括:利用子句识别模型从目标语句中标识第一子句,其中子句识别模型是基于多个训练语句和每个训练语句中具有独立语义的独立子句的位置信息而被训练的。

[0103] 在一些实现中,位置信息指示独立子句在训练语句中的起始位置和终止位置。

[0104] 在一些实现中,方法还包括:确定与训练语句对应的语句逻辑表示;确定训练语句中的候选子句的子句逻辑表示;以及

[0105] 如果确定语句逻辑表示包括子句逻辑表示,将候选子句确定为独立子句。

[0106] 在一些实现中,方法还包括:确定与训练语句对应的语句逻辑表示;确定训练语句中的候选子句的子句逻辑表示;以及如果确定语句逻辑表示包括子句逻辑表示,基于子句逻辑表示,将训练语句转换为中间训练语句;确定中间训练语句的第一中间逻辑表示;基于子句逻辑表示,将语句逻辑表示转换为第二中间逻辑表示;以及基于第一中间逻辑表示与第二中间逻辑表示的差异,将候选子句确定为独立子句。

[0107] 在一些实现中,第一逻辑表示是利用逻辑表示解析模型所确定的,并且子句识别模型和逻辑表示解析模型是基于同一训练数据集而被联合训练的。

[0108] 在一些实现中,将目标语句转换为中间语句包括:利用第一逻辑表示的简化表示替换目标语句中的第一子句,以获得中间语句。

[0109] 在一些实现中,确定目标语句的目标逻辑表示包括:组合第一逻辑表示和至少一个逻辑表示,以确定目标逻辑表示。

[0110] 在第二方面,提供了一种设备。该设备包括:处理单元;以及存储器,耦合至处理单元并且包含存储于其上的指令,指令在由处理单元执行时使设备执行动作,动作包括:从目标语句中确定具有独立语义的第一子句;基于与第一子句的语义对应的第一逻辑表示,将目标语句转换为第一中间语句;确定与第一中间语句的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示;以及基于第一逻辑表示和至少一个逻辑表示,确定与目标语句的语义对应的目标逻辑表示。

[0111] 在一些实现中,确定至少一个逻辑表示包括:如果确定第一中间语句包括具有独立语义的第二子句,基于与第二子句的语义对应的第二逻辑表示,将第一中间语句转换为第二中间语句;以及确定与第二中间语句的至少部分语义对应的第三逻辑表示;以及至少基于第二逻辑表示和第三逻辑表示,确定至少一个逻辑表示。

[0112] 在一些实现中,确定第一子句包括:利用子句识别模型从目标语句中标识第一子句,其中子句识别模型是基于多个训练语句和每个训练语句中具有独立语义的独立子句的位置信息而被训练的。

[0113] 在一些实现中,位置信息指示独立子句在训练语句中的起始位置和终止位置。

[0114] 在一些实现中,动作还包括:确定与训练语句对应的语句逻辑表示;确定训练语句

中的候选子句的子句逻辑表示;以及如果确定语句逻辑表示包括子句逻辑表示,将候选子句确定为独立子句。

[0115] 在一些实现中,动作还包括:确定与训练语句对应的语句逻辑表示;确定训练语句中的候选子句的子句逻辑表示;以及如果确定语句逻辑表示包括子句逻辑表示,基于子句逻辑表示,将训练语句转换为中间训练语句;确定中间训练语句的第一中间逻辑表示;基于子句逻辑表示,将语句逻辑表示转换为第二中间逻辑表示;以及基于第一中间逻辑表示与第二中间逻辑表示的差异,将候选子句确定为独立子句。

[0116] 在一些实现中,第一逻辑表示是利用逻辑表示解析模型所确定的,并且子句识别模型和逻辑表示解析模型是基于同一训练数据集而被联合训练的。

[0117] 在一些实现中,将目标语句转换为中间语句包括:利用第一逻辑表示的简化表示替换目标语句中的第一子句,以获得中间语句。

[0118] 在一些实现中,确定目标语句的目标逻辑表示包括:组合第一逻辑表示和至少一个逻辑表示,以确定目标逻辑表示。

[0119] 在第三方面,提供了一种计算机程序产品。该计算机程序产品被有形地存储在非瞬态计算机存储介质中并且包括机器可执行指令,机器可执行指令在由设备执行时使设备执行动作,动作包括:从目标语句中确定具有独立语义的第一子句;基于与第一子句的语义对应的第一逻辑表示,将目标语句转换为第一中间语句;确定与第一中间语句的至少部分语义对应的至少一个逻辑表示;以及基于第一逻辑表示和至少一个逻辑表示,确定与目标语句的语义对应的目标逻辑表示。

[0120] 在一些实现中,确定至少一个逻辑表示包括:如果确定第一中间语句包括具有独立语义的第二子句,基于与第二子句的语义对应的第二逻辑表示,将第一中间语句转换为第二中间语句;以及确定与第二中间语句的至少部分语义对应的第三逻辑表示;以及至少基于第二逻辑表示和第三逻辑表示,确定至少一个逻辑表示。

[0121] 在一些实现中,确定第一子句包括:利用子句识别模型从目标语句中标识第一子句,其中子句识别模型是基于多个训练语句和每个训练语句中具有独立语义的独立子句的位置信息而被训练的。

[0122] 在一些实现中,位置信息指示独立子句在训练语句中的起始位置和终止位置。

[0123] 在一些实现中,动作还包括:确定与训练语句对应的语句逻辑表示;确定训练语句中的候选子句的子句逻辑表示;以及如果确定语句逻辑表示包括子句逻辑表示,将候选子句确定为独立子句。

[0124] 在一些实现中,动作还包括:确定与训练语句对应的语句逻辑表示;确定训练语句中的候选子句的子句逻辑表示;以及如果确定语句逻辑表示包括子句逻辑表示,基于子句逻辑表示,将训练语句转换为中间训练语句;确定中间训练语句的第一中间逻辑表示;基于子句逻辑表示,将语句逻辑表示转换为第二中间逻辑表示;以及基于第一中间逻辑表示与第二中间逻辑表示的差异,将候选子句确定为独立子句。

[0125] 在一些实现中,第一逻辑表示是利用逻辑表示解析模型所确定的,并且子句识别模型和逻辑表示解析模型是基于同一训练数据集而被联合训练的。

[0126] 在一些实现中,将目标语句转换为中间语句包括:利用第一逻辑表示的简化表示替换目标语句中的第一子句,以获得中间语句。

[0127] 在一些实现中,确定目标语句的目标逻辑表示包括:组合第一逻辑表示和至少一个逻辑表示,以确定目标逻辑表示。

[0128] 本文中以上描述的功能可以至少部分地由一个或多个硬件逻辑部件来执行。例如,非限制性地,可以使用的示范类型的硬件逻辑部件包括:现场可编程门阵列 (FPGA)、专用集成电路 (ASIC)、专用标准产品 (ASSP)、片上系统 (SOC)、复杂可编程逻辑设备 (CPLD) 等等。

[0129] 用于实施本公开的方法的程序代码可以采用一个或多个编程语言的任何组合来编写。这些程序代码可以提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器的控制器,使得程序代码当由处理器或控制器执行时使流程图和/或框图中所规定的功能/操作被实施。程序代码可以完全在机器上执行、部分地在机器上执行,作为独立软件包部分地在机器上执行且部分地在远程机器上执行或完全在远程机器或服务服务器上执行。

[0130] 在本公开的上下文中,机器可读介质可以是有形的介质,其可以包含或存储以供指令执行系统、装置或设备使用或与指令执行系统、装置或设备结合地使用的程序。机器可读介质可以是机器可读信号介质或机器可读储存介质。机器可读介质可以包括但不限于电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的、或半导体系统、装置或设备,或者上述内容的任何合适组合。机器可读存储介质的更具体示例会包括基于一个或多个线的电气连接、便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、可擦除可编程只读存储器 (EPROM 或快闪存储器)、光纤、便捷式紧凑盘只读存储器 (CD-ROM)、光学储存设备、磁储存设备、或上述内容的任何合适组合。

[0131] 此外,虽然采用特定次序描绘了各操作,但是这应当理解为要求这样操作以所示出的特定次序或以顺序次序执行,或者要求所有图示的操作应被执行以取得期望的结果。在一定环境下,多任务和并行处理可能是有利的。同样地,虽然在上面论述中包含了若干具体实现细节,但是这些不应当被解释为对本公开的范围的限制。在单独的实现的上下文中描述的某些特征还可以组合地实现在单个实现中。相反地,在单个实现的上下文中描述的各种特征也可以单独地或以任何合适的子组合的方式实现在多个实现中。

[0132] 尽管已经采用特定于结构特征和/或方法逻辑动作的语言描述了本主题,但是应当理解所附权利要求书中所限定的主题未必局限于上面描述的特定特征或动作。相反,上面所描述的特定特征和动作仅仅是实现权利要求书的示例形式。

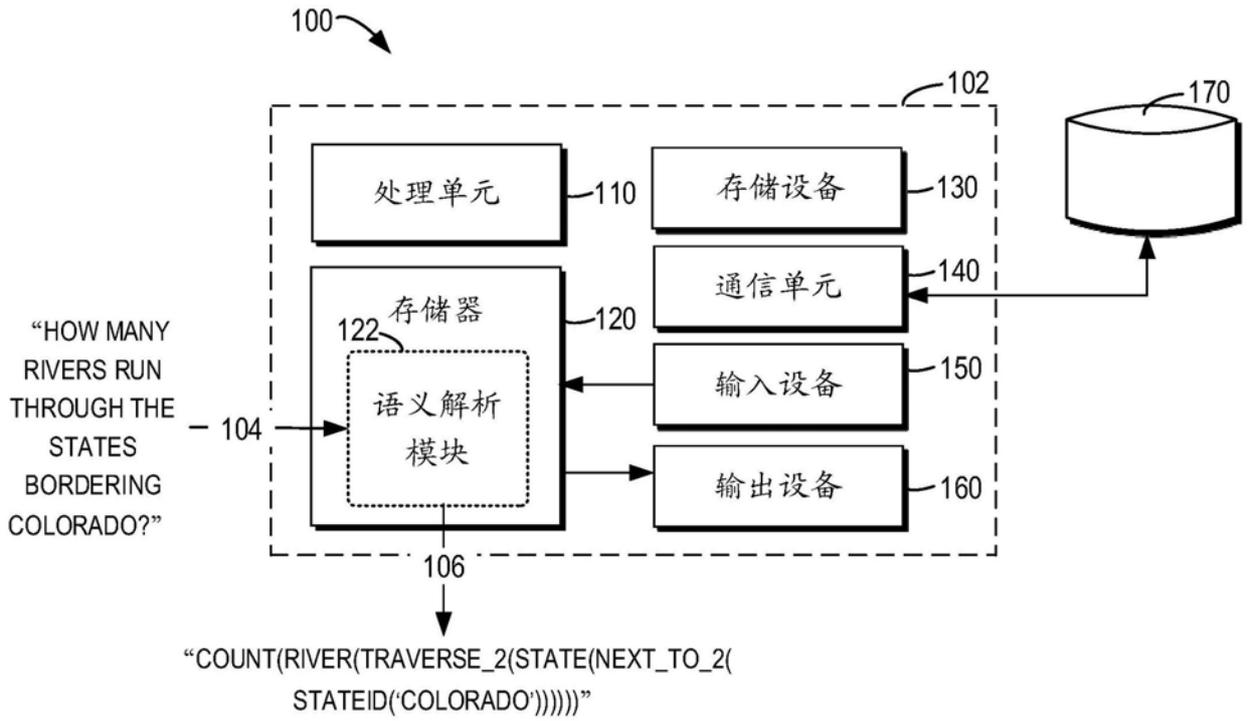


图1

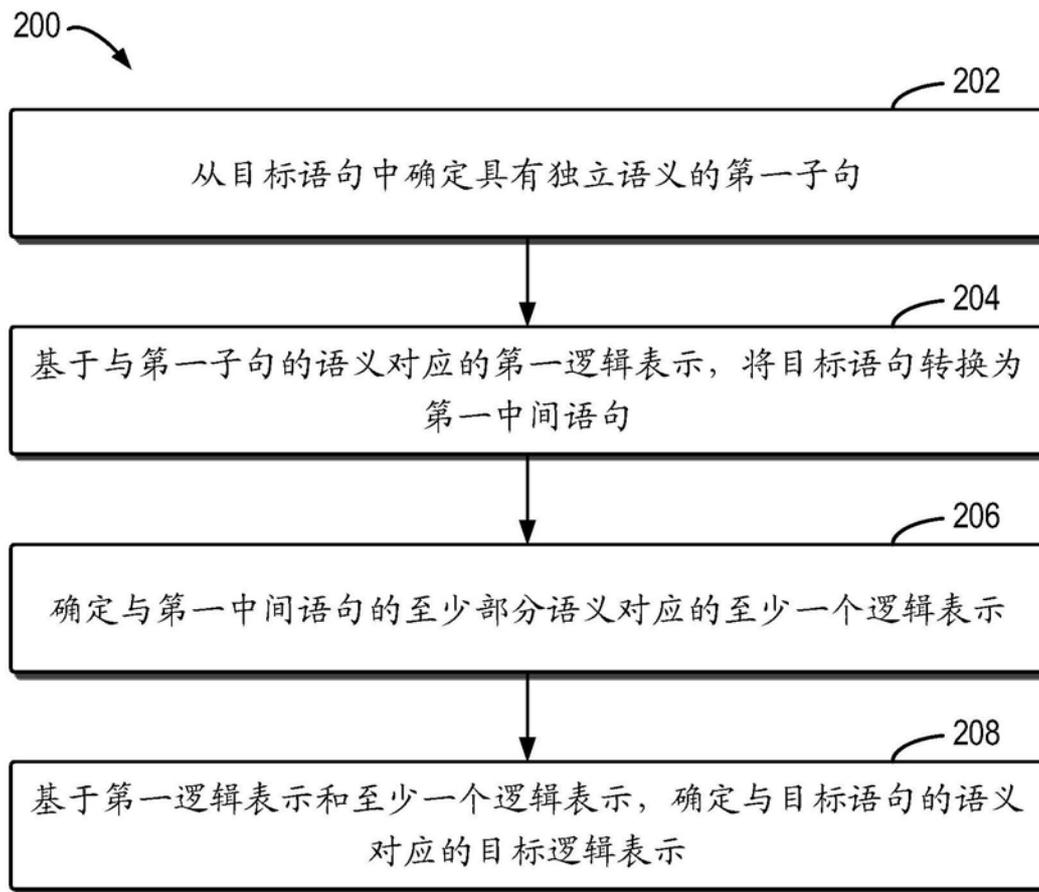


图2

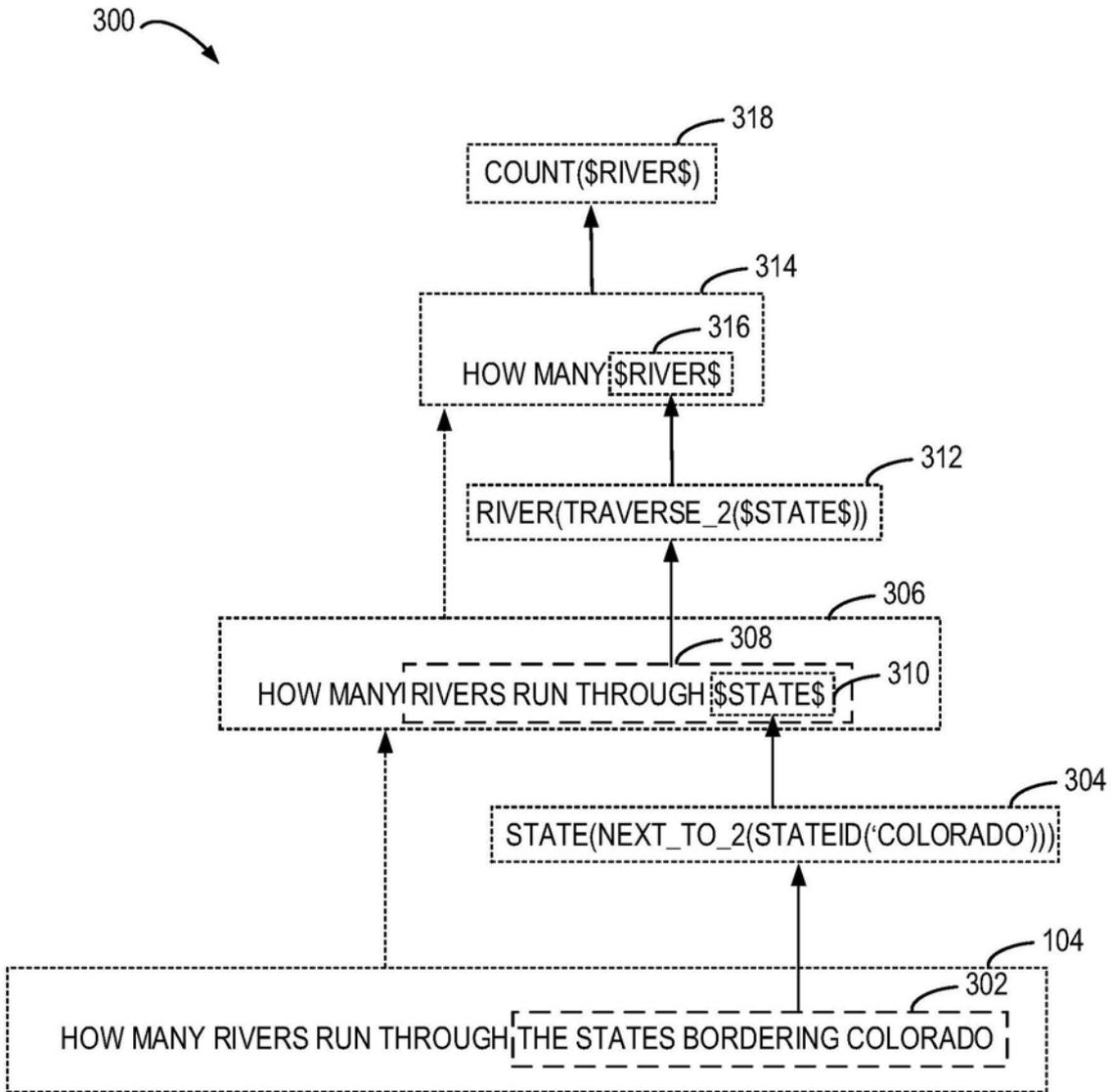


图3

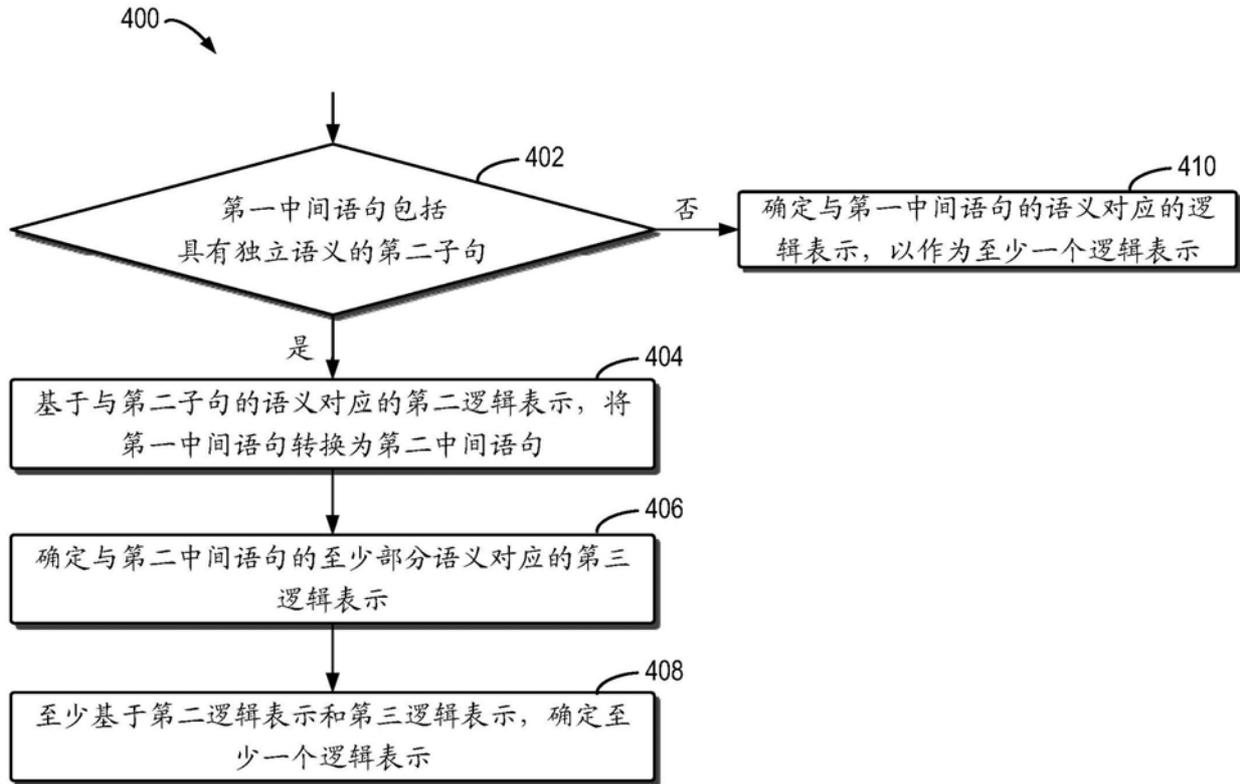


图4

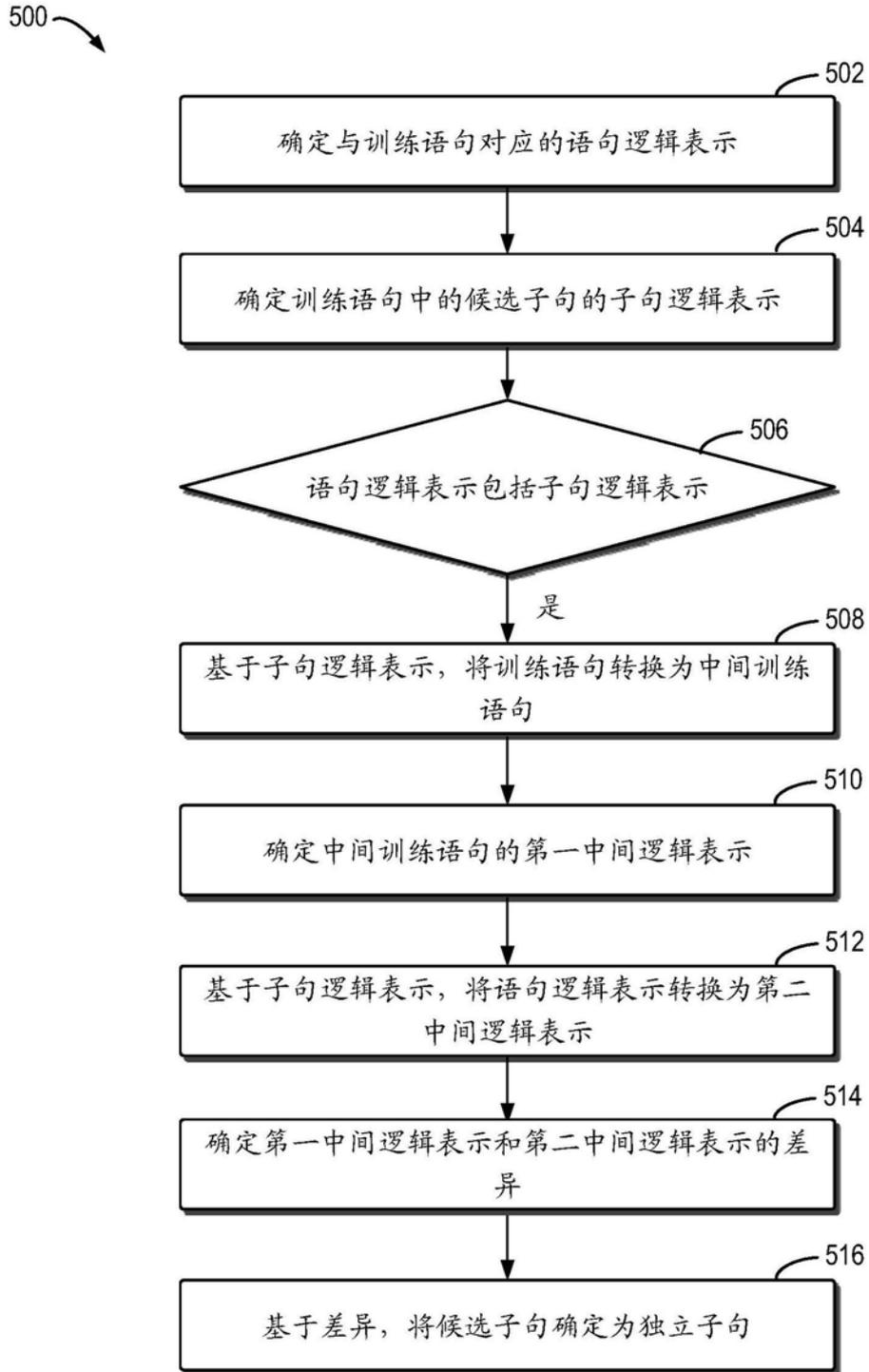


图5