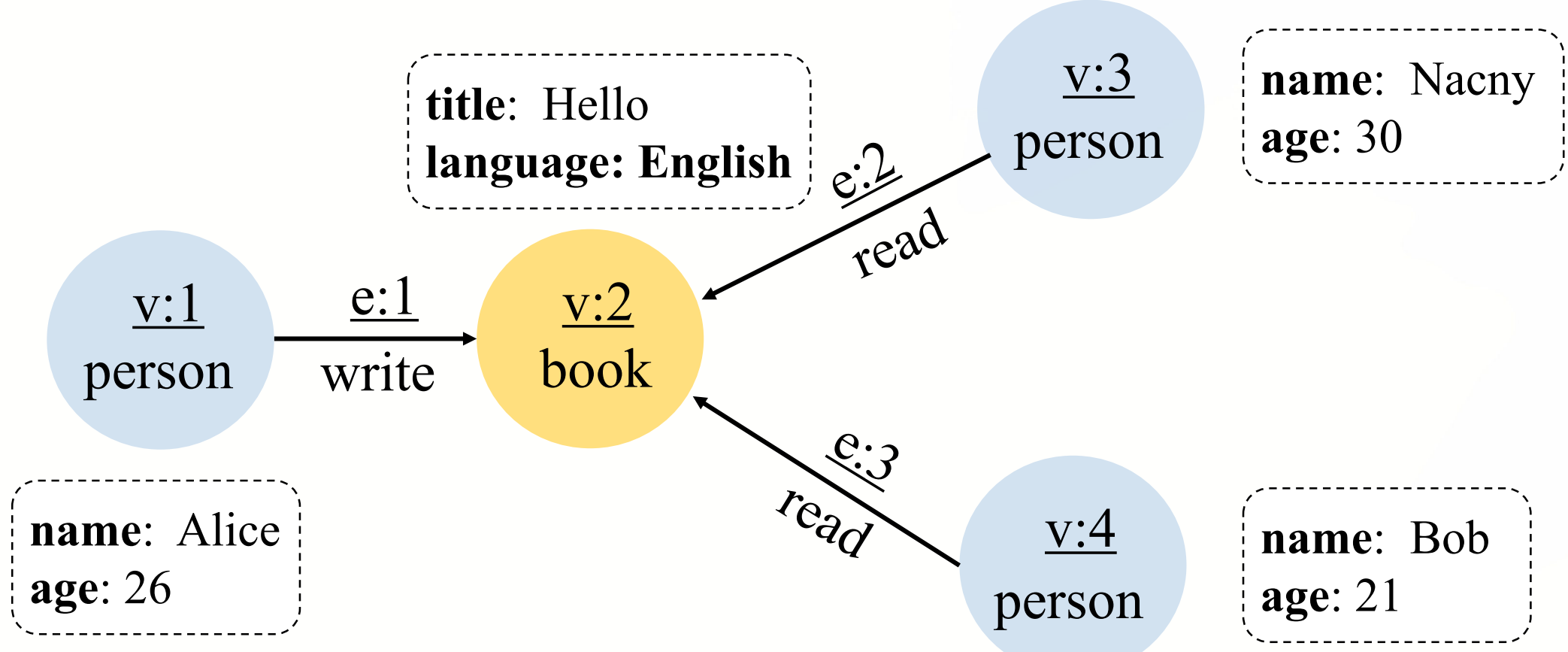


基于查询拆解的图数据库系统测试

联系方式：郑莹莹
zhengyingying14@otcaix.iscas.ac.cn

图数据库系统面临逻辑缺陷

图数据库系统支持属性图模型的存储和查询



图数据库不正确的实现和优化会导致逻辑错误

Gremlin查询语言通过将多个Gremlin API组装在一起，形成一条复杂的查询语句

```
g.V().has('person','age',lt(30)).hasLabel('person','book');
-- v:{1,2,3,4}  X
-- v:{1,4}      V
```

ArcadeDB在执行上述Gremlin查询语句时，在组合多个has查询条件时出现错误，导致返回错误的查询结果。

图数据库系统测试面临的挑战

挑战一：如何生成有效的测试用例？

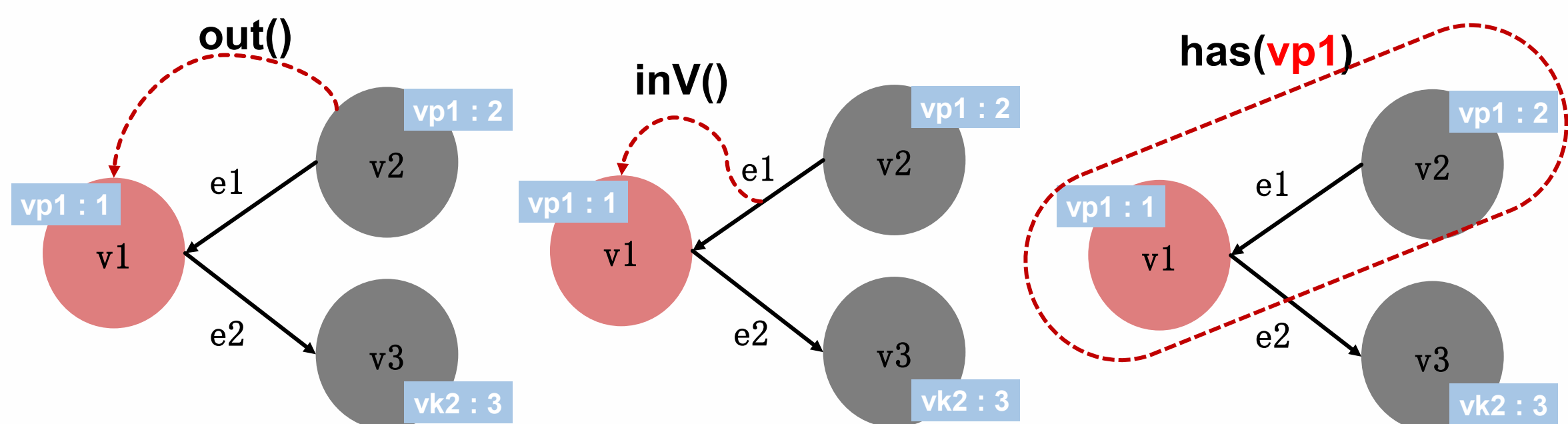
- 现有图数据库测试工具只能用于生成Cypher或SPARQL查询语句，无法生成Gremlin查询语句
- Gremlin是函数式查询语言，面向SQL查询生成相关的工具不能用于生成Gremlin查询语句

挑战二：如何生成有效的测试预言？

- 差分测试方法无法为单一图数据库系统提供测试预言
- 现有的基于蜕变测试的方法大多用于关系型数据库系统测试，无法直接测试图数据库系统

基于遍历模型的测试用例生成

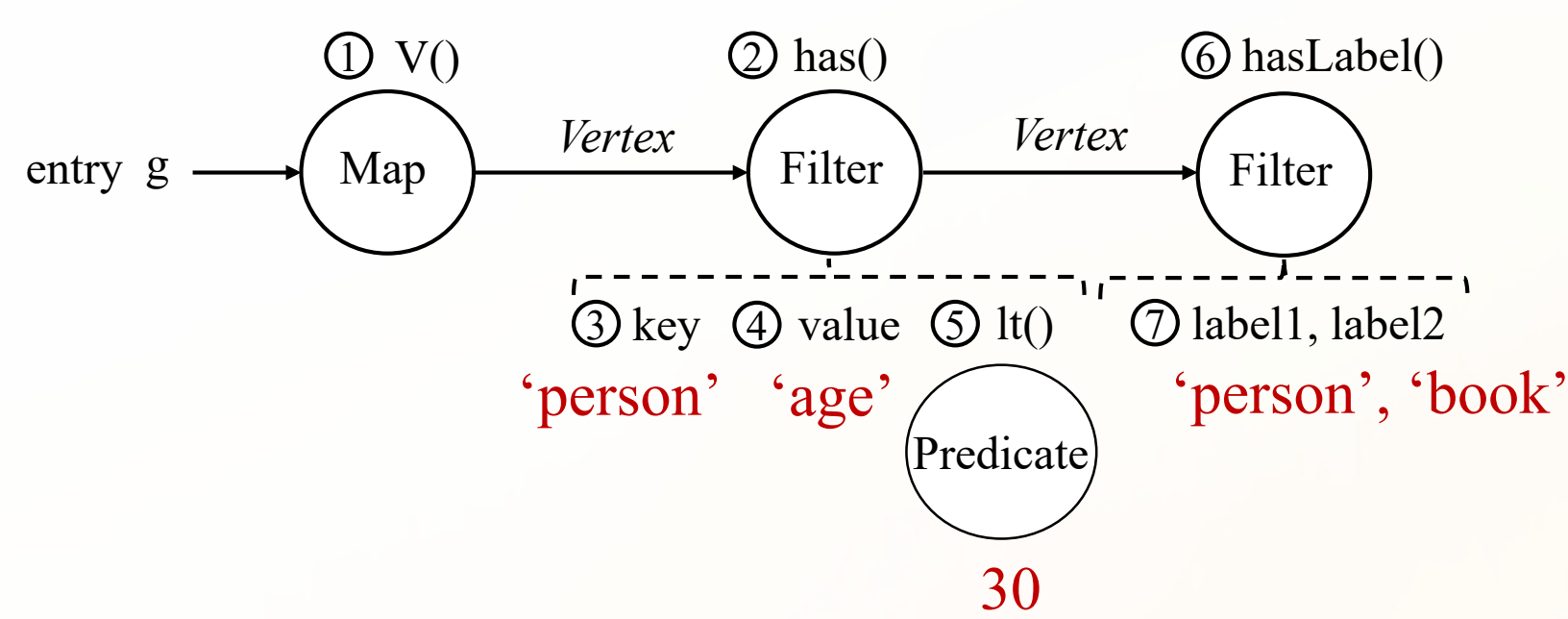
构建遍历模型描述Gremlin中的合法跳转关系



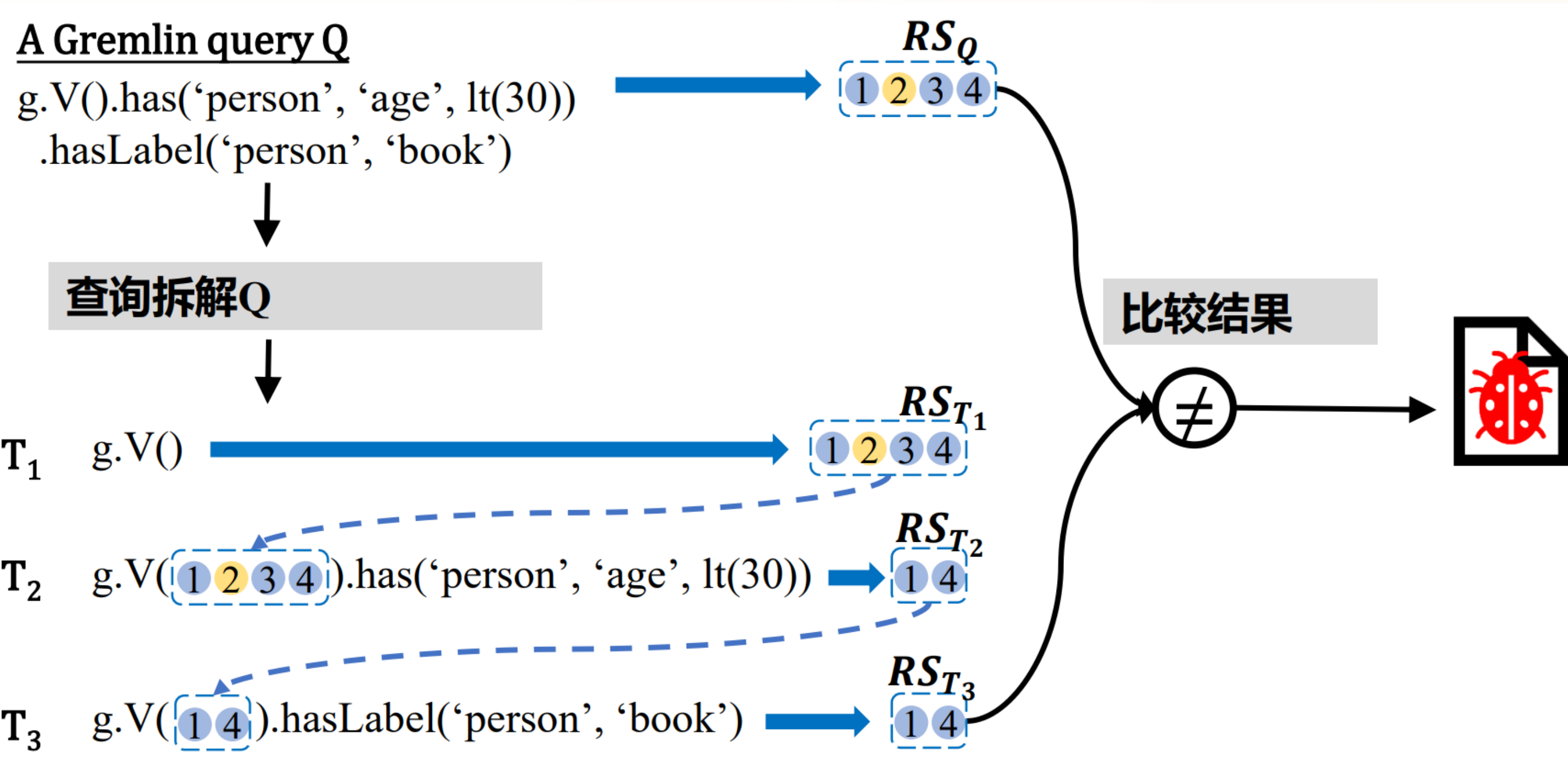
Gremlin中顶点上的合法操作

基于遍历模型生成Gremlin查询

- 基于Gremlin遍历模型，随机选择每一个遍历操作
- 遍历操作中的参数可从生成的图数据库中随机获取，也可根据随机函数随机生成



基于查询拆解的测试预言生成



查询拆解

- 将一条Gremlin查询Q拆解为一个原子图遍历序列 $TList = \langle T_1, T_2, \dots, T_n \rangle$
- 每个原子图遍历 T_i 的返回类型为顶点或边
- 原子图遍历 T_i 的输入为其前一个原子图遍历 T_{i-1} 的输出
- 最后一个原子图遍历 T_n 的查询结果应该于Q的查询结果一致，即 $RS_Q = RS_{T_n}$

实验验证

在6个广泛使用的图数据库系统中检测到26个逻辑错误，20个被确认或修复

GDB	Detected	Confirmed (New)	Fixed
Neo4j	1	1 (0)	1
OrientDB	3	2 (2)	1
JanusGraph	3	2 (2)	0
HugeGraph	16	12 (12)	3
TinkerGraph	1	1 (0)	1
ArcadeDB	2	2 (1)	2
Total	26	20 (17)	8

图数据库系统的指令覆盖率为16%到42%
查询引擎的指令覆盖率为32%到61%

