

●徐国虎 许芳 董慧

基于语义关系的本体推理规则研究*

——以国共合作领域本体库为例

摘 要 本体知识推理的关键任务是分析语义关系、定义和形式化推理规则并对其进行优化。以国共合作领域本体库为实例,分析领域本体中4种常见语义关系的特点,在此基础上定义了推理规则,并采用JRL规则语言形式化了本体推理规则。参考文献9。

关键词 领域本体 语义关系 本体推理 推理规则

分类号 G254

ABSTRACT The key task of ontology reasoning is to analyze semantic relationships and to define, formalize and optimize reasoning rules. Taking the domain ontology of "Kuomintang-CPC Cooperation" as an example, the authors analyze the characteristics of four usual semantic relationships in domain ontology, define reasoning rules on this basis and then formalize ontology reasoning rules with JRL language. 9 refs.

KEY WORDS Domain ontology. Semantic relationship. Ontology reasoning. Reasoning rules.

CLASS NUMBER G254

本体知识工程主要包括知识获取、知识表示和知识推理等内容。知识推理被认为是本体知识工程的高级阶段,实现的好坏在很大程度上取决于能否对领域本体知识库中的语义关系进行准确分析,提炼出推理规则,并采用合适的本体规则描述语言进行形式化和优化^[1]。文章以国共合作领域本体库科研项目为实例进行研究。

1 国共合作领域本体语义关系解构

语义关系构成了本体库的骨架,是概念之间以及实例之间联系的桥梁。本体知识库对领域知识描述的准确与详尽程度,以及在本体知识库中进行知识推理的效率在一定程度上都取决于领域本体中语义关系的解构。

在本体工程中,有4种类型的关系对于理论研究和实际应用非常重要。一类是处于不同逻辑层次上的概念之间的种属关系 Is-a relation;一类是不同逻辑层次的概念与其概念外延个体的实例关系(Instance-of relation);再就是处于同一逻辑层次概念或不同逻辑层次概念的实例之间关系(Instance-Instance relation);其四是反映不同抽象程度的关系之间的父子关系(SubAttribute-of relation)关系。

1.1 Is-a 关系

Is-a 关系是典型的概念之间的二元关系,用于指

出事物间抽象概念上的隶属关系,它形成了概念之间的逻辑层次分类结构,类似于面向对象中的父类和子类之间的关系。概念是本体的主要成分,可分解为内涵和外延两部分。概念内涵反映的是事物的本质特征,概念外延反映的是事物所指的范围。一个概念的内涵包括它所有的性质,外延包括它所有的实例。本文所指的实例非常明确,就是 Gangemi 与 Guarino 等学者文献中所指的“最终实例”,本文所指的概念都是指抽象的非实例概念^[2]。

对于给定概念 C_1 与 C_2 的内涵和外延,Is-a 关系的形式化定义如下:对于本体概念集 Sc 中的概念 $C_1, C_2 \in Sc$,如果概念 C_1 的内涵 $I(C_1)$ 包含 C_2 的内涵 $I(C_2)$,即 $I(C_1) \supset I(C_2)$,并且概念 C_1 的外延包含于 C_2 的外延,即 $E(C_1) \subset E(C_2)$,则称概念 C_1 和 C_2 之间的关系为种属关系,记作 $Is-a(C_1, C_2)$,概念 C_1 常称为子概念或种概念,而概念 C_2 相应的称为父概念或属概念。

人们进行本体蕴涵知识推理时主要考虑基本关系的对称性、传递性和可逆性以及基本关系的语义复合运算。根据关系的对称性、传递性和可逆性的形式化定义,可知种属关系不满足对称性,但具有传递性。在国共合作本体库中,我们抽象了6种父概念:人物、组织、时间、地点、资源、事件,然后采用自顶向下的办

* 本文系国家自然科学基金资助项目(批准号70373047)和教育部基地重大课题(批准号05JJD870004)研究成果之一,并得到中南财经政法大学博士引进科研启动基金资助。

法,建立 Is-a 关系。经过对概念模型中的概念进行二义性消除、同层次概念间互不相交以及并集覆盖整个父类概念范围的处理,最后得到 3 层 Is-a 结构的国共合作历史领域本体类模型。

1.2 Instance-of 关系

Instance-of 关系是典型的概念及其实例之间的二元关系,类似于面向对象中的类和对象之间的关系。假设概念集 Sc 中的任意概念 C 的概念外延集为 $E(C) = \{x | x \subset C\}$; 对于 $E(C)$ 中的任一元素 $C_i \in E(C)$, 如果 C_i 的外延集 $E(C_i) = \{C_i\}$, 则称 C_i 为概念 C 的实例, 而概念 C 的实例集 $S_{in}(C)$ 定义为 $S_{in}(C) = \{x | x \in E(C) \wedge E(x) = \{x\}\}$ 。上述关于实例的形式定义就从概念的外延上将概念的子概念与实例区别开来了。对于给定概念 C 及其实例集元素 e , Instance-of 关系的形式化定义如下: 对于概念 C 及其实例集 S_{in} , 实例集 S_{in} 中的元素 $e (e \in S_{in})$ 和概念 C 之间的关系称为实例关系, 记作 Instance-of(e, C)。

实例关系既不具有对称性和可逆性, 也不具有传递性。但是从概念的内涵与外延可知, 实例和概念之间有很好的性质与属性继承性。在国共合作本体知识库中, 概念和个体之间是严格按照 Instance-of 进行组织, 概念的定义主要包括数据属性、属性值的类型以及对象属性(关系); 实例将继承概念的数据属性和对象属性, 并且给出属性值。国共合作领域本体库中包括了 6 个本体类, 161 个一级和二级子类, 创建了 13129 个实例。

1.3 Instance-Instance 关系

在本体的实际应用中, 除了 Is-a 关系和 Instance-of 关系, 更复杂的是根据特定领域具体情况定义的归属于同一概念或不同概念的实例之间的语义关系。对于实例 X_1 与 X_2 以及关系 R , Instance-Instance 关系的形式化定义为: 如果对于本体概念 A 的实例集 S_A 中某一实例 $X_1 \in S_A$, 本体概念 B 的实例集 S_B 中至少存在一个实例 $X_2 \in S_B$, 满足 R 关系, 即 $R(X_1, X_2)$, 则称关系 R 为概念 A 和 B 实例之间关系。

在国共合作领域本体中, 我们就针对人物、组织、事件、时间与地点以及资源六大类的实例定义了复杂的实例之间关系。同类实例之间或不同类实例之间都存在复杂的语义关系, 其中比较繁杂的是人物关系和实例之间的包含关系。

在国共合作本体库里定义了两大类人物实例关系: 婚姻血缘关系和社会交际关系。前者主要包括夫妻关系、兄弟姐妹关系、为人长辈、为人后代、为人父母、为人子女等 7 种基本关系; 后者主要包括因为教育、同乡、同事、友情交际等因素存在的人际关系。这既考虑了语义描述的粒度, 也兼顾了关系的扩展性。但以上定义的关系

还不足以展现出国共合作波澜壮阔的历史长河中数以千万计的人物之间的复杂联系, 它们只是我们定义的基本关系; 若考虑人物的性别、出生年龄、职务等属性, 可以通过规则推理出更多更复杂的人物关系。

在国共合作领域本体库中, 实例之间的包含关系是一个复杂的关系集, 这些包含关系的实质是 Part-whole 关系的逆关系。我们借鉴关于 Part-whole 关系的 WCH 分类的语义分析尺度^[3], 认为在国共合作本体知识库中包含了 5 种类型的 part-whole 逆关系: component-composite 关系, 如组织与组织之间的隶属关系; Member-collection 关系, 比如人物与组织之间的成员构成关系; Portion-mass 关系, 比如时间段与时间段之间的被包含关系; Place-area 关系, 比如地点与地点之间的被包含关系; Feature-activity 关系, 比如事件与事件之间的子事件关系。

1.4 SubAttribute-of 关系

SubAttribute-of 关系是典型的关系之间的二元关系, 用于指出关系之间抽象层次上的隶属关系, 它形成了关系之间的逻辑层次结构。对于给定关系 R_1 与 R_2 , SubAttribute-of 关系的形式化定义为: 对于本体关系集 S_R 中的关系 $R_1, R_2 \in S_R$, 如果关系 R_1 上的实例对集 $R_1(x, y)$ 中的任意一实例对 (x_i, y_i) 必定存在 R_2 关系, 但对于关系 R_2 上的实例对集 $R_2(m, n)$ 中的任意一实例对 (m_i, n_i) 却不一定存在关系 R_1 , 或换言之实例对集 $R_1(x, y) \subset R_2(m, n)$, 则称关系 R_1 和 R_2 之间的关系为 SubAttribute-of 关系, 记作 SubAttribute-of(R_1, R_2), 关系 R_1 常称为子关系, 而关系 R_2 相应地称为父关系。

SubAttribute-of 关系不满足对称性, 但有自反性、反对称性和传递性。在国共合作领域本体中, SubAttribute-of 关系主要存在于人物之间关系以及组织之间的关系之中, 比如说祖父关系、祖母关系与祖父母关系之间都存在 SubAttribute-of 关系。SubAttribute-of 关系表达的语义只能由子关系向父关系泛化, 其语义如果从父关系向子关系具体化的话就不一定正确。存在 SubAttribute-of 关系的两个关系描述的知识一般不处于同一抽象层面上, 一般而言, 子关系描述的信息更加具体, 信息的具体程度与子关系的层次是对应的。

2 国共合作领域本体推理规则的定义

领域本体知识推理的思想是将领域知识构建在某种本体语言形式化的 ABox 和 TBox 上, 然后考虑本体语义关系来构造领域公理所蕴涵的产生式规则, 并将形式化的规则与定义好的本体类与属性结构和声明的事实断言按一定的搜索策略进行规则模式匹配。

因此在进行领域本体知识推理时,规则的定义和表示显得尤为重要。

2.1 Is-a 关系推理规则

Is-a 关系不满足对称性,但有自反性、反对称性和传递性。基于 Is-a 关系的知识推理规则(类自然语言描述)如下:

传递性规则: $(Is-a(C_1, C_2) \wedge Is-a(C_2, C_3)) \rightarrow Is-a(C_1, C_3)$

对象属性继承规则: $(Is-a(C_1, C_2) \wedge HasAttribute(C_2, A)) \rightarrow HasAttribute(C_1, A)$

数据属性继承规则: $(Is-a(C_1, C_2) \wedge HasProperty(C_2, P)) \rightarrow HasProperty(C_1, P)$

实例传递归属规则: $(Is-a(C_1, C_2) \wedge Instance-of(e, C_1)) \rightarrow Instance-of(e, C_2)$

父子类互逆关系规则: $SubClassOf(C_1, C_2) \rightarrow superClassOf(C_2, C_1)$

国共合作领域本体库中定义的161个一级和二级子类及其6个顶级父类之间都存在以上推理规则。Is-a 关系的传递性规则主要用于确定多个概念之间的父子层次关系,实例的传递归属规则可对概念的实例进行检查,属性继承规则用于子类对父类属性的继承。

2.2 Instance-of 关系推理规则

基于实例关系的知识推理是通过继承规则实现的。

对象属性继承规则: $(Instance-of(e, C) \wedge HasAttribute(C, A)) \rightarrow HasAttribute(e, A)$

数据属性继承规则: $(Instance-of(e, C) \wedge HasProperty(C, P)) \rightarrow HasProperty(e, P)$

国共合作领域本体中声明的事件实例、资源实例、组织实例、人物实例、地点实例、时间实例以及角色类实例都与其对象类之间满足对象属性继承规则和数据属性继承规则。Instance-of 关系的对象属性继承规则可用来推导实例与其他对象实例之间可能存在的关系,数据属性继承规则可用来确定实例所具有的本质属性,Instance-of 关系推理规则的运用可避免本体知识的冗余描述。

2.3 Instance-Instance 关系推理规则

国共合作领域本体库中数以万计的实例之间的关系,是通过108种基本的实例关系来描述的。这108种实例关系主要包括人物关系、组织发展演变关系、资源相关关系、事件因果先发关系、地理邻近包含关系、时间先后包含关系等等。实例与实例之间的关系推理是整个领域本体蕴涵知识发现推理的重心。Instance-Instance 关系推理规则包括实例之间关系简单规则和组合规则两大类。

2.3.1 Instance-Instance 关系简单规则

所谓 Instance-Instance 关系简单规则就是单纯考虑108种基本实例关系本身的对称性与传递性及其相互之间的互逆性等3种性质来确定的简单推理规则。运用实例之间关系简单规则对本体知识库推理后,并没有扩展本体库中的对象属性,而只是在原有关系的基础上新增了事实断言。在定义实例之间108种基本关系的简单推理规则时,先并不考虑基本关系的定义域与值域,将基本关系抽象,单纯考虑关系的传递性、互逆性、对称性来确定泛化的推理规则,然后在规则进行形式化描述的后续工作中,才考虑关系的具体语义,将泛化规则具体化。实例之间关系简单规则的泛化形式为:

对称关系推理规则: $(SymAttribute(A) \wedge A(e_1, e_2)) \rightarrow A(e_2, e_1)$

传递关系推理规则: $(TraAttribute(A) \wedge A(e_1, e_2) \wedge A(e_2, e_3)) \rightarrow A(e_1, e_3)$

互逆关系推理规则: $(AthAttribute(A_1, A_2) \wedge A_1(e_1, e_2)) \rightarrow A_2(e_2, e_1)$

SymAttribute(A) 表示关系(对象属性)A具有对称性,是对称关系类的一个实例。TraAttribute(A) 表示关系A具有传递性,是传递关系类的一个实例。而 AthAttribute(A₁, A₂) 表示对象属性 A₁ 与 A₂ 是互逆关系。ei (i ∈ N) 表示本体实例。据粗略统计,在国共合作领域本体108种基本关系中,有8种具有对称性,23种具有传递性,14对关系之间存在互逆关系。

2.3.2 Instance-Instance 关系组合规则

所谓的 Instance-Instance 关系组合规则就是指在考虑基本关系的定义域与值域所表达的语义知识之间的内在联系,对多种基本关系表达式进行一定的逻辑运算或对数据属性值进行一定的比较运算,并考虑基本关系的互逆性、传递性等性质而构造出新的实例之间关系,并在新的实例之间关系上断言事实的复杂推理规则。在国共合作领域本体中,我们定义了事件时间组合推理规则集、事件地点组合关系规则集、基本婚姻血缘关系组合的家族关系推理规则集、资源人物组合关系规则集等一系列的 Instance-Instance 关系组合规则63条。其中家族关系组合推理规则示例(妯娌关系推理规则)是:

$IndiviActor(X) \wedge IndiviActor(Y) \wedge IndiviActor(Z) \wedge IndiviActor(W) \wedge beWifeOf(X, Y) \wedge beWifeOf(Z, W) \wedge beBrotherOf(Y, W) \rightarrow beSisterInLaw(X, Z)$

通过 Instance-Instance 关系组合规则推理,国共合作领域本体库仅关系定义就由108种基本关系增

加到 208 种,而断言事实的增加更是数以万计。Instance-Instance 关系组合规则推理对领域本体知识库扩展的程度和对领域蕴涵知识发掘的深度,是 Instance-Instance 关系简单规则推理不可比拟的。

2.4 SubAttribute-of 关系推理规则

SubAttribute-of 关系是典型的关系(对象属性)之间的二元关系,用于指出事物关系属性上的隶属关系,它形成了关系之间的逻辑层次分类结构。SubAttribute-of 关系不满足对称性,但有自反性、反对称性和传递性,因此基于 SubAttribute-of 关系的知识推理规则如下:

传递性规则: $(\text{SubAttributeof}(A_1, A_1) \wedge \text{SubAttributeof}(A_2, A_3)) \rightarrow \text{SubAttributeof}(A_1, A_3)$

属性外延规则: $(\text{HasAttribute}(C, A_1)) \wedge \text{SubAttributeof}(A_1, A_2) \rightarrow \text{HasAttribute}(C, A_2)$

属性外延泛化规则: $(A_1(e_1, e_2)) \wedge \text{SubAttributeof}(A_1, A_2) \rightarrow A_2(e_1, e_2)$

父子属性互逆关系规则: $\text{SubAttributeof}(A_1, A_2) \rightarrow \text{SuperAttributeof}(A_2, A_1)$

在属性外延泛化规则中, $A_1(e_1, e_2)$ 表示实例 e_1 具有对象属性 A_1 , 其值为 e_2 。属性传递规则主要用于确定多个对象属性之间的层次关系,在推理过程中,一般作为中间规则,供其他规则推理调用。属性外延规则主要用于判断多个对象属性与单个类之间的语义关系。属性外延泛化规则用于判断两个实例在两个父子对象属性层次上的关系。在 SubAttribute-of 关系中,最重要的是在考虑实例的数据属性的基础上,再结合关系的父子层次结构,来推理获取更加详细具体的两个实例之间关系,并且实例关系信息的详细具体程度与子关系的层次是对应的。在国共合作领域本体库中,有 21 对关系之间存在直接的 SubAttribute-of 关系。

3 国共合作领域本体推理规则的形式化描述

在分析了领域本体语义关系的特点,并用类自然语言定义了本体推理规则后,下一步的工作就是根据项目选用的推理引擎,采用某种合适的本体推理规则描述语言来对定义的规则进行形式化描述,为推理规则在推理引擎中的测试做好准备。

3.1 规则描述语言的选择

近年来,国内外的研究机构已经研究出一些本体推理规则的形式化描述语言。根据技术文档易获取性、规则语言名称在网络搜索引擎和本体文献中的被引率、被 W3C 与 IEEE 等国际权威组织的认可或推

荐程度、是否支持 Unicode 字符集以及语言版本更新频率等标准,笔者所在项目团队认为其中比较知名的有 ORL^[4]、RuleML^[5]、SWRL^[6]、OWLRule +^[7]、JRL^[8] 等数种。项目成员在对上述 5 种规则描述语言进行熟悉和试用后,得到如下结论:

(1) 从语言的权威性看,迄今为止还没有出现一个标准的本体规则描述语言,但按目前的发展情况来看,SWRL 最有可能,像 OWL 本体描述语言一样,成为 W3C 组织关于本体规则描述语言的推荐标准。

(2) 从表达能力来讲,ORL、SWRL、OWLRule +、JRL 这 4 种规则描述语言的语法都是基于 OWL 的,其语义都是扩展了 OWL 的模型理论语义,而 RuleML 是基于 XML 语法的,还没有解决好与 OWL DL 的问题,也没有将描述逻辑和 Horn 规则很好结合,SWRL、ORL 和 OWLRule + 却将二者结合起来了。

(3) 从规则推理的可判定性来说,ORL、SWRL 扩展后使得 OWL DL 的推理不再具有可判定性,而 OWLRule + 与 JRL 由于分别基于 CARIN 与 Rete 的约束和推理算法保证了推理的可判定性,但可以采取一定的限制措施来解决 ORL、SWRL 推理的不可判定问题,但这毫无疑问是以规则表达能力的弱化为代价的。

(4) 从推理引擎的支持角度来看,与 SWRL 受到大多推理引擎支持相对的是,目前大多数本体推理引擎对 ORL 推理支持不够。而 RuleML 的最大优势就是其兼容性,能充当不同规则系统转换的中间者,著名的 Jess、Prolog 等都支持其推理,OWLRule + 和 JRL 分别实现了基于 Jess 和 Jena 的推理,特别是 JRL 本身就是 HP 实验室特意为其本体工具 Jena 设计的,两者是无缝集成的,其推理效率也非常高。

(5) 从规则形式化描述的工作量看,采用 JRL 规则语言来描述规则的工作量是比较小的,而 OWLRule +、ORL、RuleML、SWRL 则由于规则语法格式要求较严,一般与 OWL 本体描述方式相近,其规则的形式化工作量比较大,也容易出错。

基于以上考虑,我们在项目中决定采用 JRL 规则语言来形式化国共合作本体库中的推理规则。

3.2 国共合作领域本体推理规则的形式化

这里仅给出部分形式化的 JRL 规则以作示例。对这些规则进行 JRL 规则格式的形式化描述之后,就得到完整的规则库文件,我们就可以在推理引擎 Jena 中绑定规则库文件和先前建立的国共合作领域本体库文件,来进行本体蕴涵知识发现推理了。

@ prefix loc: < http://localhost/gghzOntPro/owl/location.owl# >.

@ prefix indiv: < http://localhost/gghzOntPro/

owl/indiviActor. owl#>.

@ prefix org: < http://localhost/gghzOntPro/owl/
orgActor. owl#>.

@ prefix time: < http://localhost/gghzOntPro/owl/
time. owl#>.

@ prefix event: < http://localhost/gghzOntPro/
owl/event. owl#>.

@ prefix res: < http://localhost/gghzOntPro/owl/
resource. owl#>.

@ prefix rdf: < http://www. w3. org/1999/02/22
- rdf - syntax. ns#>.

@ prefix rdfs: < http://www. w3. org/2000/01/rdf
- schema#>.

#2 [instance TRule: (? x rdfs: subclassOf ? y) (? z
rdf: type ? X) - > (? Z rdf: type ? y)] // 父子类实例传递
规则

#83 [motherSInLawRule: (? x indiv: beMotherOf ?
y) , (? y indiv: beWifeOf ? z) - > (? x indiv: beMotherS-
InLaw ? Z)] // 岳母女婿关系推理规则

#87 [siblingInLawRule: (? x indiv: hasSpouseOf ?
y) , (? z indiv: hasSpouseOf ? w) , (? y indiv: beSibling-
With ? w) - > (? x indiv: beSiblingInLaw ? Z)] // SiblingInLaw 关系(因婚姻事实而建立的兄弟姐妹关系)
推理规则

4 国共合作领域本体推理规则优化问题探讨

运用 JRL 语言对事先定义的本体推理规则进行形式化描述后,就得到推理所用的规则库,其中包含了7条本体类推理规则和120条本体属性推理规则。在对所有形式化规则逐条测试正确后,推理引擎 Jena 引入整个规则库并绑定国共合作领域本体知识库。进行推理时,我们发现,在所有规则正确无误的情况下,推理效率极低,引入整个规则库将长时间占用极多的服务器资源,推理等待时间长达15分钟以上,这是任何一个用户都无法忍受的。为了提高推理效率,我们认为,除对 JENA 推理引擎的 RETE 算法进行优化,还必须对形式化的规则进行选用和优化。

形式化规则的选用主要是考虑推理知识的意义和运行效率。那些推理意义不大,又需要占有大量计算资源,影响运行效率的本体多类推理规则,被我们从规则库中剔除,只保留同一父类下的本体类传递性和互逆性推理规则2条。而对那些具有一定推理意义,又需要占有大量计算资源,影响运行效率的规则,我们

将其提取出作为动态规则。所谓动态规则,即规则是在系统运行时读取用户检索(部分)入口词作为规则模式具体组成部分,动态组装而成的。最终我们确立下来的规则库包含了107条本体属性推理规则(102条静态规则和5条动态规则)和2条本体类推理规则。

形式化规则的优化主要就是注意规则模式的排列顺序,因为 JENA2 推理引擎采用的 Rete 算法模式判别网络保存了从一个循环到下一个循环的状态^[9],确保规则模式正确排列,而不产生大量的部分匹配是很重要的。除了规则模式排列的顺序,尽量减少规则中多字段通配符和多字段变量的数量也会提高算法的匹配效率。规则中测试条件元素尽量靠近规则的顶部,采用一些通用规则和附加的自定义规则模板来取代多个专用规则,也会提高本体规则推理的效率。

参考文献

- 1 R. Neches, et al. Enabling technology for knowledge sharing. AI Magazine, 12(3)
- 2 A. Gangemi, N. Guarino et al, Conceptual Analysis of Lexical Taxonomies: The Case of WordNet Top. Level, Proceedings of FOIS'01, 2001
- 3 M. Winston, R. Chaffin and D. Herrmann. A Taxonomy of Part-Whole Relations. Cognitive Science, 1987(11)
- 4 A proposal of OWL Rule Language. [2005-11-08]. <http://www2004.org/proceedings/docs/1p723.pdf>
- 5 Harold Boley, Said Tabet, Gerd Wagner. Design Rationale of RuleML: A Markup Language for Semantic Web Rules. [2005-11-16]. <http://www.semanticweb.org/SWWS/program/index.html>
- 6 SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML. [2005-11-17]. <http://www.daml.org/2003/11/swrl/>
- 7 梁晟,付弘宇,李明树.语义网规则标记语言 OWLRule + 的设计与实现. 计算机研究与发展, 2004(7)
- 8 Jena2 Inference support. [2005-06-10]. <http://Jena.sourceforge.net/inference/#rules>
- 9 Joseph Giarratano, Gary Riley 著; 印鉴、刘星成等译. 专家系统原理与编程. 北京:机械工业出版社, 2000

徐国虎 中南财经政法大学工商管理学院教师。
通讯地址:武汉中南财经政法大学(南湖校区)工商
管理学院物流教研室。邮编 430064。

许芳 中南民族大学管理学院教师。通讯地
址:武汉。邮编 430074。

董慧 武汉大学信息管理学院教授、博士生导师。
通讯地址:武汉。邮编 430072。

(来稿时间:2006-12-30)