

# 基于本体的食品安全应急管理知识表示研究

黄卫东, 吴美蓉, 洪小娟

(南京邮电大学 管理学院, 江苏 南京 210023)

**摘要:** 食品安全突发事件个案的特殊性使得应急决策难以存在完全相同的或者相似的历史经验可循, 这严重影响了食品安全突发事件应急处置的效率。文中在对食品安全突发事件应急管理领域知识深入剖析的基础上, 引入本体理论构建食品安全应急管理知识本体模型, 详细阐述了食品安全应急管理本体模型的类、关系以及属性等。应用 protégé 工具实现了食品安全突发事件应急管理知识本体模型可视化, 便于食品安全突发事件应急管理知识的表示、存储以及应用。

**关键词:** 食品安全; 应急管理; 知识管理; 本体模型

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)03-0223-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.03.051

## Research on Ontology-based Knowledge Representation of Food Safety Emergency Management

HUANG Wei-dong, WU Mei-rong, HONG Xiao-juan

(School of Management, Nanjing University of Posts & Telecommunications,  
Nanjing 210023, China)

**Abstract:** The particularity of each food safety emergency makes it hard to refer to any identical or similar historical experience while making an emergency decision. It seriously affects the decision-making efficiency of food safety emergency. Based on analysis of the emergency management domain knowledge of food safety emergency event in detail, the ontology theory is introduced to construct the model of food safety emergency management knowledge, and the class, relationship and attribute of ontology model is elaborated in detail. The visualization of the food safety knowledge ontology model is realized by protégé, which makes it convenient for the knowledge representation, storage, and application of food safety emergency management.

**Key words:** food safety; emergency management; knowledge management; ontology model

## 0 引言

近年来, 世界范围内的食品安全突发事件层出不穷, 不仅给人们的生命健康造成巨大的威胁, 而且严重影响了社会稳定和谐<sup>[1]</sup>。世界各国政府主要从食品安全应急预案以及食品安全应急管理法制、体制、机制三方面着手进行食品安全突发事件的应急管理, 已形成了较为完善的食品安全应急管理体系<sup>[2]</sup>, 但食品安全事件个案的特殊性使得难以存在完全相同的或者相似的历史经验可循。在大数据时代, 需要有效的领域知识组织来进一步提升食品安全突发事件应急决策的效率。因此, 文中在对食品安全应急管理知识分类的基础上, 运用本体理论构建食品安全应急管理知识模型, 并建立食品安全应急管理知识本体库, 提高食品安全

应急决策和实施的效率和效果。

## 1 食品安全应急管理知识构成分析

根据 DSE2M 模型<sup>[3]</sup>, 突发事件应急决策模式可概括为一个过程, 即根据突发事件不同生命周期阶段的情境信息, 剖析突发事件演化过程, 确定关键问题, 动态地匹配应急决策相关知识, 并根据资源的可用状态, 制定具体行动方案。据此, 食品安全应急管理领域本体的构建需要将食品安全领域应急管理知识分为事件情境描述知识、事件过程演化知识、事件决策制定知识、事件资源调度知识等模块。

(1) 食品安全情境描述知识。

从哲学角度, 任何事件从潜伏到产生、发展乃至消

收稿日期: 2014-04-06

修回日期: 2014-07-09

网络出版时间: 2015-01-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71171117); 江苏省自然科学基金项目(BK2010524)

作者简介: 黄卫东(1968-), 男, 教授, 博士, 研究方向为应急管理、信息系统与网络管理等。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150120.2159.014.html>

亡都是内外因共同作用的结果。就食品安全事件来说,它内部机理作用(内因)所呈现的状态就是食品安全引发因素对食品安全影响因素(外因)施加作用的直接表现。从控制论角度,外部环境引发和影响因素输入,通过内部机理呈现出一定的状态反馈输出到外部环境,继而外部环境中的影响因素进一步对食品安全状态施加作用,这样循环往复,食品安全事件就呈现出一定的演化过程,并且在不同阶段表现出不同状态,而这种状态可以通过食品安全事件引发因素、影响因素以及作用因素等加以描述。此外,食品安全事件从潜伏到爆发直至消亡的整个生命周期过程还呈现时间序列和空间范围特性。因此,借鉴仲秋雁等提出的情境模型<sup>[4-5]</sup>,文中将食品安全情境描述知识表示为与食品安全事件相互关联的引发因素、影响因素、作用要素、时间特征及空间状态等要素的集合。

### (2) 食品安全过程演化知识。

食品安全演化过程是指在不同时间刻度下情境要素之间关联关系通过事件发展的阶段性、周期性以及突变性等特征所表现出来的规律性。不同时刻所呈现的食品安全情境要素关联关系主要通过“输入—作用—输出”规则体现,且需要对食品安全风险状态进行评估<sup>[6]</sup>,若未偏离阈值则继续对关键控制点保持监测;否则采取相应措施将风险降低到最小,防止风险由量变累积向质变飞跃,引发食品安全事件。一旦食品安全事件爆发,演化过程就体现为事件的强度、范围乃至性质的变化。其中强度变化主要发生在食品安全事件从爆发到发展时伴随的食品安全事件影响范围的扩大化。性质变化是由于食品安全事件风险强度变化未得到控制,引起影响范围扩大化,进而食品安全事件发生蔓延、转变、衍生、耦合。而食品安全事件的蔓延、转变、衍生及耦合又会反过来进一步引起食品安全事件风险强度的加大及影响范围的扩大。

### (3) 食品安全决策制定知识。

食品安全突发事件应急预案、应急案例、应急决策规则以及专家知识是食品安全应急决策知识的主要载体。作为食品安全应急管理核心,食品安全应急决策知识的应用又要基于对食品安全情境描述知识及食品安全演化过程知识的全面剖析。根据食品安全状态的情景信息,在食品安全应急决策知识库中检索食品安全已有案例或者应急预案。在此基础上,专家根据食品安全事件演化过程知识的认知,按照一定的规则对相似案例、预案等知识进行筛选,进而得出应急决策最终方案,指导应急救援活动的实施。然而,与食品安全事件情境匹配的知识检索未必有正确的结果,原因可能是食品安全事件应急案例、应急预案及应急规则

知识的表示粒度为相关知识片段。

### (4) 食品安全资源调度知识。

食品安全资源调度知识是指食品安全事件发生之后,应急决策实施活动过程中所涉及的人财物资源信息。其中,食品安全应急决策实施过程中的人力资源调度知识是指应急决策主体(食品安全应急决策方案实施的指挥机构、实施机构、处置机构以及协同机构等机构)的相关信息,包括决策主体的空间位置、忙闲状态、所处级别、担任角色等信息;食品安全应急决策实施过程中的财力物力资源调度知识是指应急决策实施活动的客体及作用对象信息,包括应急活动中财力物力资源的监管部门、空间位置、权限分配等信息。显然,食品安全事件发生之后应急方案的实施要根据应急决策所涉及的资源信息进行。资源调度知识的应用要以具体的食品安全事件情景信息为前提,演化过程为依据,决策方案为准绳采取相应行动。

## 2 食品安全应急管理知识本体模型构建

在知识管理中本体用于领域概念的表达。Neches 等将本体定义为一种适于特定领域相关词汇基础术语和关系的结构化方法<sup>[7]</sup>;Gruber 认为本体是一种概念模型,能够明确规范地界定事物<sup>[8]</sup>;Borst 则将本体定义为一种共享概念模型<sup>[9]</sup>;Studer 等进一步明确该共享概念模型<sup>[10]</sup>。根据 Studer 对本体的界定,本体具有概念化、形式化以及共享性等特点。本体理论为特定领域的抽象说明提供了可能,通过抽取特定领域核心词汇以及明确核心词汇的相互关系,本体理论实现了特定领域知识的共享。大量学者<sup>[11-13]</sup>将本体理论引入知识管理研究中,极大改善了知识管理效果。文中结合食品安全事件自身特点,通过对食品安全应急管理领域四大类知识需求的剖析,构建食品安全突发事件应急管理知识本体模型,具体模型如图 1 所示。

从构建的本体模型可知,在食品安全事件发生之前的战备状态,食品安全风险可通过 FS\_Event、FS\_Situation、FS\_Process 等监控数据体现,并通过 hasStatus 预测结果返回 FS\_Quality 风险等级,进而对食品安全突发事件风险状态起监测和预警的作用。一旦事发,则启动应急决策状态。通过 FS\_Situation 以及 FS\_Process 的描述,本体模型中 hasSuggestion、hasRecommendation、isSimilarWith 以及 mayCause 关系则会进行检索和推理得出相关辅助决策信息,决策者通过 takeAction、useResource 制定行动方案,供食品安全应急决策实施。

### 2.1 食品安全应急管理知识本体的类

根据食品安全应急管理知识元本体模型,食品安全应急管理知识本体概念类被抽象为食品安全事件

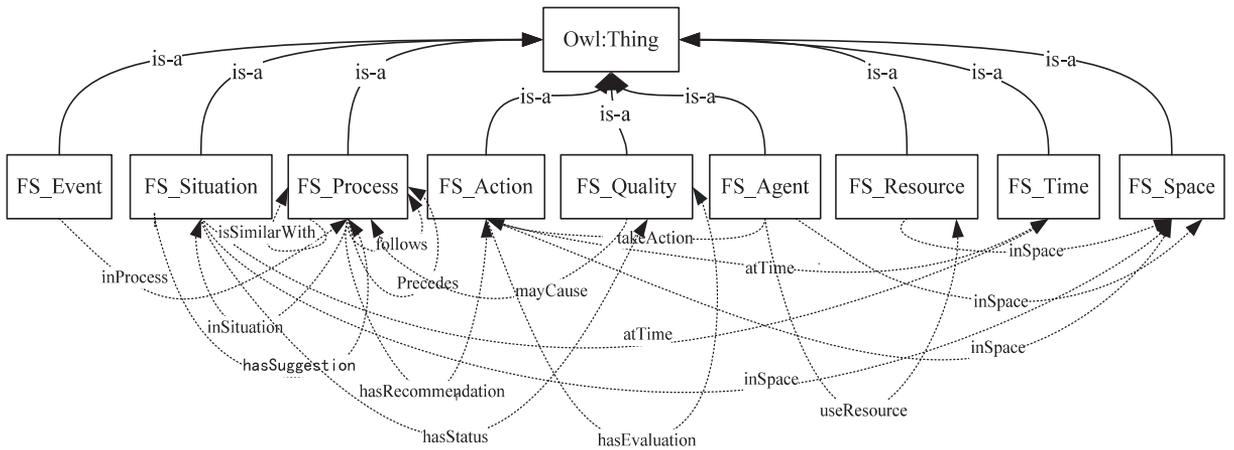


图1 食品安全突发事件应急管理知识元本体模型

(FS\_Event)、食品安全情境 (FS\_Situation)、食品安全演化过程 (FS\_Process)、应急决策行动 (FS\_Action)、事件主观描述 (FS\_Quality)、应急决策主体 (FS\_Agent)、应急决策资源 (FS\_Resource)、食品安全时间信息 (FS\_Time)、食品安全空间信息 (FS\_Space) 等几大类。

(1) 食品安全事件 (FS\_Event): 指食品安全突发事件相关的客观信息描述。通过 FS\_Event 类的详细描述, 食品安全情境 (FS\_Situation) 以及事件主观描述 (FS\_Quality) 类的相关信息可以根据“重大食品安全突发事件应急预案”相关条例评定评判。

(2) 食品安全情境信息 (FS\_Situation): 指某一具体时点上食品安全事件本身所处状态的描述。一般而言, FS\_Situation 类可以通过食品安全信息上报来源、发生场所、影响人数、是否有重病或死亡、初步影响范围等表征出来。显然, 由于食品安全事件自身会随时间动态演化, 因此食品安全情境的相关信息是应急管理的关键环节。

(3) 食品安全演化过程 (FS\_Process): 指食品安全事件自身内部矛盾的变化和以应急管理目标为准则而采取的一系列活动引起食品安全事件状态变化而形成的轨迹。食品安全事件轨迹的变化可能简单地按照从潜伏到发生、发展乃至消亡的生命周期过程进行, 也可能发生范围乃至性质的变化, 进而表现为食品安全事件的蔓延、转变、衍生及耦合。

(4) 食品安全应急决策行动 (FS\_Action): 是为了实现食品安全应急管理决策过程中按照目标要求确定的过程所采取的一系列具体措施。在实际应急响应中, 行动信息必须根据食品安全演化过程中情境因素表现出来的食品安全风险状态, 在情境匹配基础上确定具体行动措施。应急决策行动包括预测预警、应急响应、处置恢复、信息公布等几大类。

(5) 食品安全事件主观描述 (FS\_Quality): 指食品安全突发事件风险状态等级的评判。食品安全风险等

级是食品安全应急管理过程中风险管理的重要一环, 它是对食品安全情境信息的补充, 也具有一定的时间依赖性。根据我国“国家重大食品安全事故应急预案”, 按食品安全事故性质、危害程度和涉及范围, 将重大食品安全事故风险等级分为 I 级、II 级、III 级以及 IV 级。

(6) 食品安全应急决策主体 (FS\_Agent): 指食品安全应急管理所涉及的指挥机构、处置机构及协同机构三大组织体系, 具体包括国务院食品安全委员会办公室、国家食品药品监督管理局、国家质检总局、国家工商总局、各地方政府及医疗部门等不同主体。针对特定的食品安全突发事件应急响应过程, 食品安全突发事件应急决策主体为了实现控制食品安全事件风险的目标, 根据事件的情景信息, 在特定时间特定地点调用资源, 造成食品安全事件状态发生改变。

(7) 食品安全应急决策资源 (FS\_Resource): 指食品安全应急管理过程中可供决策行动调用的人员、食品以及药品等资源, 可分为人、财、物三大类。食品安全应急决策资源主要是为了辅助食品安全应急决策方案的实施, 具体表现为食品安全应急决策行动的实施。

(8) 食品安全时间信息 (FS\_Time): 指食品安全事件应急管理具有随时间推移的动态演化特性。FS\_Event、FS\_Situation、FS\_Process 以及 FS\_Action 都具有时间依赖性。FS\_Event 是食品安全事件随着时间发生、发展、演化以及消亡这一过程的抽象; FS\_Situation 的引发因素、影响因素、作用要素在不同时间表现出不同的特性, 是时间序列函数; 而 FS\_Process 和 FS\_Action 必须根据 FS\_Event 和 FS\_Situation 按照情境匹配原则进行决策。

(9) 食品安全空间信息 (FS\_Space): 是反映食品安全风险存在节点、食品安全事件发生地点、食品安全事件扩散和影响范围、应急资源存储地点以及空间调配的关系。FS\_Event、FS\_Risklevel、FS\_Agent 以及 FS\_

Resource 类都具有空间依赖性。食品安全风险以一定的风险等级存在于供应链上供应、生产、加工、运输等环节某一节点;供应链节点上的食品安全风险量变积累到一定程度会发生质变,导致在某一地点引发食品安全事件。

## 2.2 食品安全应急管理知识本体关系

食品安全应急管理知识本体概念类的关系主要包括事件类型(hasType)、情境状态(inSituation)、行动措施(hasAction)、风险级别(hasStatus)、紧接着发生(follows)、领先于之前(precedes)、处于过程(inProcess)、建议(hasSuggestion)、推荐(hasRecommendation)、类似于(isSimilarwith)、导致(mayCause)、采取措施(takeAction)、状态评估(hasEvaluation)、资源调度(useResource)、时间(atTime)、地点(inSpace)等。结合对食品安全应急管理领域知识的剖析,上述食品安全应急管理知识本体类的关系可以归类为食品安全应急管理事件状态关系、食品安全应急管理情境要素关系、食品安全应急管理演化过程关系、食品安全应急管理辅助决策关系以及食品安全应急管理决策行动关系等几大类。

就食品安全应急管理事件而言,不管是食品安全事件发生之前的风险控制还是事件发生之后的应急响应都从属于食品安全事件种类(Type)。因此,定义了事件类型(hasType)这一关系,即从 FS\_Event 到 FS\_Quality 的映射。食品安全应急管理事件描述都是在某一时点存在于某一节点(地点)的食品安全在某一演化过程中的具体状态,为此,还定义了情境状态(inSituation)、时间(atTime)、地点(inSpace)三种食品安全应急管理事件描述关系。定义了行动措施(hasAction)关系,它与食品安全应急管理事件的状态一一对应。综合考虑,文中将态(inSituation)关系定义为从 FS\_Process 到 FS\_Situation 的映射;行动措施(hasAction)关系定义从 FS\_Process 到 FS\_Action 的映射。时间(atTime)关系定义为 FS\_Situation 到 FS\_Time 的映射;地点(inSpace)关系定义为 FS\_Situation 到 FS\_Space 的映射。具体描述如表 1 所示。

表 1 食品安全应急管理事件描述关系

关系名(name)	定义域(domain)	值域(range)
hasType	FS_Event	FS_Quality
inSituation	FS_Process	FS_Situation
hasAction	FS_Process	FS_Action
atTime	FS_Situation	FS_Time
inSpace	FS_Situation	FS_Space

## 2.3 食品安全应急管理知识本体属性

食品安全应急管理知识本体的属性是对食品安全

应急管理知识本体的概念类的描述及概念类之间关系的描述。本体属性定义包括定义域、值域、类型和公理四个方面。本体属性一般分为对象属性和关系属性。对象属性的定义域为类,值域为类的实例,公理为 Functional(F), InverseFunctional(IF), Symmetric(S), Transitive(T), Inverse(I)中的一种;数据属性的定义域同样为类,值域为数据类型 string, integer, boolean 中的一种,公理可以使用 Functional(F)。

根据上一节对食品安全应急管理知识本体类关系的划分,相应地,食品安全应急管理知识本体的属性也可分为食品安全应急管理事件状态属性、食品安全应急管理情境要素属性、食品安全应急管理演化过程属性、食品安全应急管理辅助决策属性以及食品安全应急管理决策行动属性五大类。以食品安全应急管理事件状态属性为例,对其详细阐述,其他属性的含义则依此给出。食品安全应急管理事件状态属性刻画了食品安全突发事件发生演化过程的一系列状态,包括食品安全应急管理事件对象属性和数据属性两大类。对象属性包括类型(hasType)、致病因素(hasPathogenicFactor)、状态(inSituation)、行动(hasAction);数据属性主要包括命名(hasName)、危害级别(hasSeverity)、影响范围(hasImpact\_Region)、受影响人口(hasImpact\_People)、死亡人口(hasLoss\_Death)等。食品安全应急管理事件状态属性描述如表 2 所示。

表 2 食品安全应急管理事件状态属性

属性 (Property)	定义域 (domain)	值域 (range)	类型 (Type)	公理 (Axiom)
hasType	FS_Event	FS_Quality	Object	F
hasPathogenic_factor	FS_Event	Pathogenic_factor	Object	F
inSituation	FS_Process	FS_Situation	Object	IF
hasAction	FS_Process	FS_Action	Object	IF
hasName	Process	string	Data	F
hasSeverity	Process	integer	Data	F
hasImpact_Region	Process	integer	Data	F
hasImpact_People	Process	integer	Data	F
hasLoss_Death	Process	integer	Data	F

## 3 食品安全应急管理知识本体实现

本节将应用 protégé3.5 工具构建食品安全应急管理知识本体库,存储食品安全应急管理决策知识。根据上节食品安全应急管理知识本体基类的描述,本体库中的类可细分为食品安全事件(FS\_Event)、食品安全情境(FS\_Situation)、食品安全演化过程(FS\_Process)、食品安全应急决策行动(FS\_Action)、事件主观描述(FS\_Quality)、应急决策主体(FS\_Agent)、应急决策资源(FS\_Resource)、食品安全时间信息(FS\_Time)、食品安全空间信息(FS\_Space)等,在这几大基

类的基础上进一步分类,可进一步丰富食品安全应急管理知识本体库,部分类的拓扑结构如图2所示。

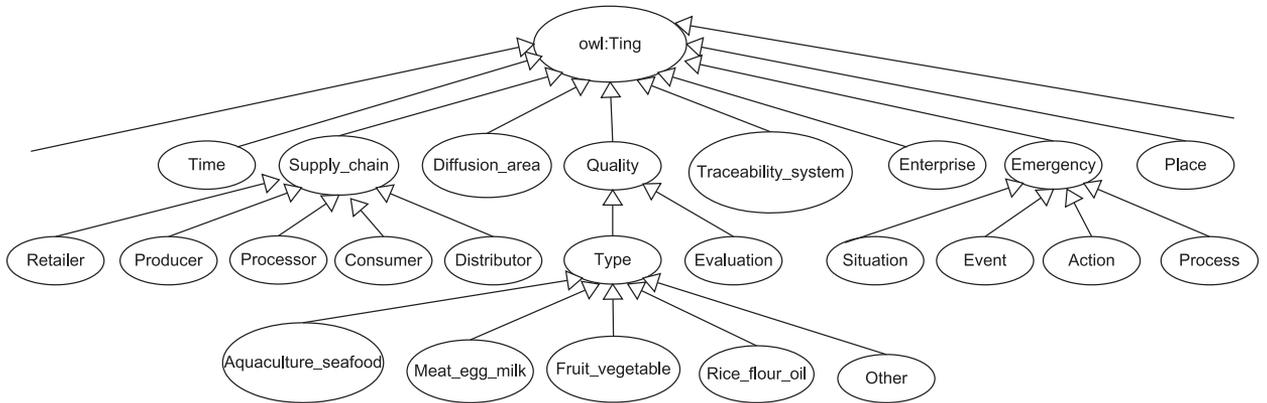


图2 食品安全应急管理知识本体库中类的部分拓扑结构

举例来说,在构建的食品安全应急管理知识本体库中,食品安全事件本身(FS\_Event)细分为食品安全事件所属类别(FS\_Type)、涉及食品所处的供应链环节(Supply\_chain)及涉及食品的致病因素(Pathogenic-Factor)。食品安全事件所属类别(FS\_Type)再进一步细分为粮油类(Rice\_flour\_oil)、果蔬类(Fruit\_vegetable)、水产海鲜类(Aquaculture\_seafood)、肉蛋奶类(Meat\_egg\_milk)以及其他类(Other)。所处的供应链环节(Supply\_chain)又进一步分为生产环节(Producer)、加工环节(Processor)、分销环节(Distributor)、零售环节(Retailer)以及消费环节(Consumer)。食品的致病因素(PathogenicFactor)分为物理因素(Biological\_factor)、化学因素(Chemical\_factor)和生物因素(Physical\_factor)。

#### 4 结束语

文中对食品安全突发事件应急管理领域知识进行了分析,并将其分为食品安全情境描述知识、食品安全演化过程知识、食品安全应急决策知识、食品安全资源调度知识。根据对食品安全突发事件应急管理领域知识的剖析,引入本体理论构建了食品安全应急管理本体模型,详细阐述了食品安全应急管理本体模型的类、关系以及属性等。最后,应用 protégé 本体可视化工具将食品安全突发事件应急管理知识本体模型可视化,便于食品安全突发事件应急管理知识的表示、存储以及应用。

#### 参考文献:

[1] Boddie W, Kun L. Health care, public health, and the food and

agriculture critical infrastructures[J]. IEEE Engineering Management Review, 2011, 39(4): 31-38.

[2] Chen Qiuling, Zhang Qing, Huang Shuting, et al. Evolution mechanism study for food safety emergency - based on life-cycle theory[C]//Proc of 17th international conference on industrial engineering and engineering management. Xiamen: IEEE, 2010: 1053-1057.

[3] 温立,周书民,王延章. 基于辅助决策的应急事件本体模型研究[J]. 情报杂志, 2010, 29(2): 131-134.

[4] 仲秋雁,郭艳敏,王宁,等. 基于知识元的非常规突发事件情景模型研究[J]. 情报科学, 2012, 30(1): 115-120.

[5] 周亦鹏,杜军平. 基于时空情境模型的主题跟踪[J]. 华南理工大学学报:自然科学版, 2012, 40(8): 82-87.

[6] 陈秋玲,马晓姗,张青. 基于突变模型的我国食品安全风险评估[J]. 中国安全科学学报, 2011, 21(2): 152-158.

[7] Neches R, Fikes R, Finin T W, et al. Enabling technology for knowledge sharing[J]. AI Magazine, 1991, 12(3): 36-56.

[8] Gruber T R. A translation approach to portable ontology specifications[J]. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2): 199-220.

[9] Nico B W. Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse[D]. Holland: University of Twente, 1997.

[10] Studer R, Benjamins V R, Fensel D. Knowledge engineering principles and methods[J]. Data and Knowledge Engineering, 1998, 25(1-2): 161-197.

[11] 王文俊,孟凡阔,王月龙,等. 基于本体的应急预案研究[J]. 计算机工程, 2006, 32(19): 170-172.

[12] 李宏伟,黄卫东,洪小娟. 食品安全预警本体构建研究[J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(9): 238-240.

[13] 周乃元,潘家荣,汪明. 食品安全综合评估数学模型的研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2009, 21(3): 198-203.

# 基于本体的食品安全应急管理知识表示研究

作者: [黄卫东](#), [吴美蓉](#), [洪小娟](#), [HUANG Wei-dong](#), [WU Mei-rong](#), [HONG Xiao-juan](#)  
作者单位: [南京邮电大学 管理学院, 江苏 南京, 210023](#)  
刊名: [计算机技术与发展](#)   
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)  
年, 卷(期): 2015(3)

引用本文格式: [黄卫东](#), [吴美蓉](#), [洪小娟](#), [HUANG Wei-dong](#), [WU Mei-rong](#), [HONG Xiao-juan](#) [基于本体的食品安全应急管理知识表示研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(3)