

引用格式:

葛艳, 杨文佳, 邹一波, 陈明. 生食牡蛎 HACCP 计划的语义建模及可视化应用[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(6): 748–756.

GE Y, YANG W J, ZOU Y B, CHEN M. Semantic modeling and visualization application of raw oyster HACCP plan[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2023, 49(6): 748–756.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



生食牡蛎 HACCP 计划的语义建模及可视化应用

葛艳^{1,2}, 杨文佳¹, 邹一波^{1,2*}, 陈明^{1,2}

(1.上海海洋大学信息学院, 上海 201306; 2.农业农村部渔业信息重点实验室, 上海 201306)

摘要: 为有效保障危害分析及关键控制点(HACCP)计划国家标准的可执行性, 以国标中的生食牡蛎加工 HACCP 计划的语义表达为研究对象, 提出生食牡蛎 HACCP 计划的知识可视化应用模型(HVEM), 对 HACCP 计划进行结构和数据两方面的语义理解, 从动态和静态两个角度进行知识提取, 实现活牡蛎接收、干法冷藏、牡蛎肉储存等关键控制点(CCP)、监控以及验证、纠偏的实体、联系知识表达, 构建 HACCP 计划知识体系, 结合图数据库实现知识储存、可视化, 并给出一个基于 HVEM 模型的 HACCP 质量溯源应用测试。结果表明, HACCP 计划的知识可视化应用模型能较为系统地实现生食牡蛎 HACCP 计划的知识理解、知识表达、知识存储和可视化应用。

关键词: 生食牡蛎; 危害分析及关键控制点(HACCP); 知识可视化应用模型(HVEM); 知识理解; 知识表达

中图分类号: TS254.1; TP391.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2023)06-0748-09

Semantic modeling and visualization application of raw oyster HACCP plan

GE Yan^{1,2}, YANG Wenjia¹, ZOU Yibo^{1,2*}, CHEN Ming^{1,2}

(1.School of Information, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2.Key Laboratory of Fisheries Information, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to effectively guarantee the enforceability of the national standard of hazard analysis and critical control points(HACCP) plan, the semantic expression of the HACCP plan for raw oyster processing in the national standard was the aim of this study. The knowledge visualization and application model(HVEM) of HACCP plan for raw oysters was proposed to semantically comprehend the HACPP plan from both the structural and data aspects. The knowledge extraction were from the dynamic and static perspectives. Knowledge was extracted to realize entity and linkage knowledge on expression, monitoring, validation and correction of critical control points(CCP) including of live oyster reception, dry cold storage, oyster meat storage, etc.. This model was to construct a HACCP plan knowledge system, to realize knowledge storage and visualization by combining with a graph database, and to give a test of HACCP quality traceability application based on the HVEM model. The results showed that the knowledge visualization application model of HACCP plan could realize the knowledge understanding, knowledge expression, knowledge storage and visualization application of raw oyster HACCP plan in a more systematic manner.

Keywords: raw oysters; hazard analysis and critical control points(HACCP); knowledge visualization application model (HVEM); knowledge understanding; knowledge expression

水产品易腐败变质, 在运输、加工和销售等过程中易出现质量安全风险。危害分析及关键控制点

收稿日期: 2022-09-22

修回日期: 2023-12-05

基金项目: 国家重点研发计划项(2020YFD0900600)

作者简介: 葛艳(1974—), 女, 四川射洪人, 博士, 副教授, 主要从事质量安全风险评价、溯源和农业信息化研究, yge@shou.edu.cn; *通信作者, 邹一波, 博士, 讲师, 主要从事区块链技术和机器视觉研究, ybzou@shou.edu.cn

(HACCP)是一种建立在良好操作规范和卫生标准操作规程基础之上,保证食品免受生物、化学及物理污染的有效预防控制体系。基于 HACCP 计划的相关研究和应用在水产品的运输、加工和销售过程中提供了安全性和可靠性。

有研究以 HACCP 计划实施中的关键控制点提取方法^[1]或关键控制点智能发现方法^[2]为重点;有研究给出了 HACCP 体系或计划在食品加工领域的实施案例,如将计划实施于面条制作^[3]、鲜桃的商业化处理^[4]、冷却猪肉加工^[5]、冰淇淋加工^[6]以及鸡块的再加工^[7]等过程;有研究探索如何用 HACCP 或者结合其他的风险管理或控制理论,实现风险管理和控制^[8-11];有研究重点研究 HACCP 体系实施的有效性^[12]、必要性^[13]以及实施该计划后带来的影响^[14-16];有研究从溯源角度^[17]构建结合 HACCP 和区块链的可追溯系统^[18];还有从知识视角展开了针对 HACCP 计划或者国家标准的研究,如基于本体结合 HACCP 体系构建一个知识服务系统^[19],基于知识的 HACCP 质量控制方案^[20],构建冷链 HACCP 知识语义模型^[21]等,也有对生食牡蛎 HACCP 计划进行本体语义建模的研究^[22],对国家标准采用算法的方式获取实体和关系的研究^[23-25]。然而,关于如何提取国家标准中的业务逻辑语义,从而在实践中提高国家标准的可执行性,如何将语义建模的结果应用在水产品质量监控或质量溯源的实践中,均少有文献提及。

为了保障 HACCP 计划国家标准的可执行性,笔者对生食牡蛎 HACCP 计划进行语义建模研究,通过语义分析、知识抽取和知识表示把 HACCP 转化为知识体系,使用 neo4j 图数据库储存并测试基于该知识体系的溯源系统。

1 HACCP 计划的知识可视化应用模型构建

结合生食牡蛎 HACCP 计划特点,对 HACCP 计划中的概念、联系及实例等进行提取,设计知识图谱模型,并借助 neo4j 图数据工具实现该模型,形成生食牡蛎 HACCP 计划的知识可视化应用模型 HVEM。该模型的层次架构如图 1 所示。按照不同的业务逻辑,该模型分为 4 层,自下向上分别为知识理解层、知识表示层、知识储存层和知识可视化层。

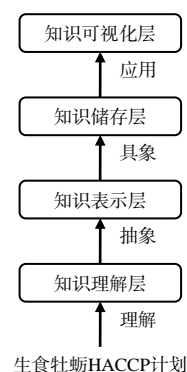


图 1 生食牡蛎 HACCP 计划的知识可视化应用模型

Fig.1 Knowledge visualization application model for raw oyster HACCP plan

知识理解层是 HVEM 的基础层,对生食牡蛎 HACCP 计划知识内在语义进行梳理和解读,为上层系统和业务实现提供领域知识基础和数据语义的理论支撑。知识表示层是模型的核心层,基于知识理解的结果,抽取用于构建可视化应用模型的静态、动态实体以及联系,并形成规范的形式化表达。知识储存层是模型的具象化表达层,将知识表示层形式化表达的知识以实体、属性和联系的形式构建可存储的知识单元,并结合图数据库实现储存。知识可视化层是上述存储结构的可视化应用,在基于 HACCP 计划的质量监控与溯源中可以直观显示各个关键控制点上的完整监控数据以及前后关联数据,直观反映某一溯源点相关的完整监控链以及详细数据。

2 领域知识理解

GB/T 19838—2005^[26]中的生食牡蛎 HACCP 计划表如图 2 所示。为了便于后续引用,按列对原始表格信息加了编号。纵向看,表格共有 7 大列信息,核心覆盖关键控制点(CCP)、监控、纠偏、验证和记录等 5 个方面的计划。

2.1 结构理解

纵观 7 列信息,根据表格数据的不同分类,可以梳理出 3 个维度的知识结构。

1) 第一维度,对应核心 HACCP 子计划定义。在信息处理中,记录的动作已经溶解在前述的各列中,因而在理解后的 HACCP 计划表中,记录列可以删除。

2) 第二维度,每一行对应一个 CCP 的完整描述。这些描述在计划执行初期确定,在后续执行中

相对稳定。著危害的监控、纠偏和验证的执行要点。

3) 第三维度，每行定义了每个 CCP 中每个显

CCP ①	显著危害 ②	各预防措施的 关键限值③	操作限值 ③+	监控④				纠偏行动⑤	警告⑤+	验证⑥	记录 ⑦
				什么	方法	频率	谁				
活牡蛎 接收	致病菌污 染、致病 菌生长、 环境化学 污染物、 天然毒素	每个容器有标识 牌、捕捞者须有许 可证、无来自关闭 水域的牡蛎、捕捞 至冷藏的最长时 间小于 24 h	实际捕 捞至冷 藏的最 长时间 小于 MaxH	捕捞标识牌、 捕捞许可证、 捕捞时间牌	视觉检 查	每个容器、 每个交货批	品管	拒收来自关闭水域、非 许可水域、没有捕捞标 识牌或标识不当的原 料；拒收超出时间限值 的原料	根据时间及 情况判断是 否接收、对接 收的产品执 行处理措施	每天审查 监控、纠偏 记录	接收 记录
	干法致病菌 冷藏生长	冷藏库温度不超 过 7.2 ℃，时间不 大于 2 h	实际报 警温度 不低于 MaxT	冷藏库温度	视觉检 查连续 温度记 录仪	作业过程中 每 2 h 视觉 检查连续温 度记录仪	品管	调节冷藏库温度；根据 总的暴露在不当温度 下的时间扣留、评估产 品	发出警告信 息、实施相 应的纠偏措 施	每天审查 监控、纠偏 记录；每周 校准温度 记录仪	接收 记录
	牡蛎致病菌 肉储藏生 存	冷藏库温度超过 7.2 ℃，时间不大 于 2 h；产品从干 法冷藏库移到牡 蛎肉储藏存间的时 间不得超过 3 h	实际报 警温度 不高于 MaxT	冷藏库温度 记录仪、从干 法冷藏库移 到牡蛎肉储 存间的时间	视觉检查 连续温度 记录仪、 检查标记 产品的进 程	作业过程中 每 2 h 视觉 检查连续温 度记录仪以 及检查标记 的产品	品管	调节冷藏库温度；根据 总的暴露在不当温度 下的时间扣留、评估产 品；产品加冰和(或)退 回冷藏库，按暴露时间 扣留、评估产品	发出警告信 息、实施相 应的纠偏措 施	每天审查 监控、纠偏 记录；每周 校准温度 记录仪	接收 记录

图 2 生食牡蛎 HACCP 计划

Fig.2 Raw oyster HACCP plan

2.2 数据理解

数据理解是为 HACCP 计划实施语义化、数字化服务的。基于上述的结构理解，HACCP 计划实施重点可分解为 2 个阶段：第一，定义阶段，即初始工作计划的制定，定义 CCP 子计划及监控、纠偏及验证 3 个子计划的工作内容；第二，执行阶段，按照定义，执行监控、纠偏和验证等子计划。理解过程解释如下。

2.2.1 静态数据理解

针对定义阶段的数据理解。定义阶段产生的数据相对较为稳定，后续将其称为静态数据。静态数据理解覆盖图 2 的第二、三维度数据。

首先看第二维度，在 CCP 确定后，显著危害列的内容是通过预防措施的关键限值来指导计划的执行，在具体计划实施中就可以弱化，在理解后的 HACCP 计划表中删除。

其次，结合标准的详细描述，在 HACCP 计划的实施中，通常企业还会有一个严于关键限值的操作限值，以降低偏离关键限值的风险^[26]，此操作限制有必要记录在理解后的 HACCP 计划表中，因此，增加一个操作限值列，编号为③+，其中最大运输时间(MaxH)、最大温度(MaxT)和最小温度(MinT)这些操作限值边界，由企业自行定义。与新增的操作限值列对应增加了一个警告列，编号为⑤+，提供超过

操作限值情况下对应的纠偏方法，具体警告措施由企业自行定义，表格中仅给出了一种示范。③+和⑤+列的值对于日常监控以及管理有重要意义，也作为辅助 HACCP 计划执行的一部分，在接下来的语义管理中予以关注。

另外，针对每个 CCP，不同显著危害分行列出的监控内容，在具体计划实施过程中，可以针对一个 CCP 做统一的一组监控，因此，静态数据中的③、④、⑤、⑥列的相关内容也会根据所属的 CCP 进行同类归并。

还需考虑关键限值列中的“捕捞者需有许可证”“无来自关闭水域的牡蛎”等无明确信息的数据，为了在监控中可以作出合理的判断，记录下捕捞许可证号和认可的开放水域名称数据，后续称这些数据为衍生数据。

理解后的完整静态数据包括①、③、③+、④、⑤、⑤+、⑥列的内容。

2.2.2 动态数据理解

执行阶段产生的数据相对丰富，数据之间存在一定差异，将其定义为动态数据。具体来说，动态数据是图 2 中第三维度的监控、纠偏、验证子计划在实施过程中产生的数据。

第④列监控数据是由品管依据规定对产品的限值进行监控形成的数据。

第⑤列纠偏行动数据是生食牡蛎监控数据存在超过限值数据时执行纠偏行动形成的纠偏数据记录。

第⑥列验证数据是验证者定期对监控、纠偏数据进行检查核对并校准温度记录仪形成的数据记录。验证数据分为两类：第一类为审查监控、纠偏记录，即在所有产生的监控、纠偏数据上打上验证的标记，在实际应用中将合并到对应的 CCP 监控数据中；第二类为校准温度记录仪的数据记录。为了存放校准数据，记录温度记录仪数据，这些数据也称为衍生数据。

理解后的动态数据包括①、④、⑤、⑤+、⑥列的内容。

3 HACCP 知识表示

图数据库可以将实体作为节点、联系作为边来储存表示的知识数据^[27]。先定义实体、衍生实体和联系等 3 个术语。

1) 实体。一个或多个具体限值条件数据描述的属性、监控点、纠偏警告或验证形成的、相对独立的集合,称为实体,如每个 CCP 被封装为一个实体。

2) 衍生实体。由上述衍生数据构成的、相对独立的集合,称为衍生实体。衍生实体可看作是特殊的实体,只能依赖于实体而存在。

3) 联系。实体与实体或衍生实体之间存在的关

系，称为联系。

3.1 静态实体及联系知识表示

基于静态数据集提取的静态实体以及联系集合定义为公式(1)的形式:

$$\begin{aligned} \mathbf{S} := & (s_i \{ (g_{ij}, k_{ij}) \} \{ G_i \}) \\ & (i=1, \dots, N; \quad j=0, \dots, M) \end{aligned} \quad (1)$$

式中： S 表示静态实体、静态实体所关联的联系以及静态实体的衍生实体组成的集合。 s_i 表示第 i 个 CCP 实体。 k_{ij} 表示的是 s_i 的第 j 个衍生实体。衍生实体主要分 3 类：第一类是开放水域、捕捞许可证等 CCP 限值实体；第二类是监控、纠偏、警告、验证等其他 HACCP 计划实体；第三类是验证计划中的温度记录仪实体。 G_i 表示的是 s_i 与 s_{i+1} 之间的联系。3 个 CCP 实体间的 2 个联系，均定义为 next。 g_{ij} 表示的是 s_i 与 k_{ij} 之间的联系。活牡蛎接收 CCP 实体与其衍生的开放水域和捕捞许可证实体的联系，定义为 including；验证实体与其衍生的温度记录仪实体之间的联系，定义为 time，即监控时间；每个 CCP 实体与该 CCP 的其他 HACCP 计划衍生实体之间的联系，定义为 contain。

结合静态数据,可将生食牡蛎 HACCP 计划的静态知识用知识结构图(图 3)来表示。

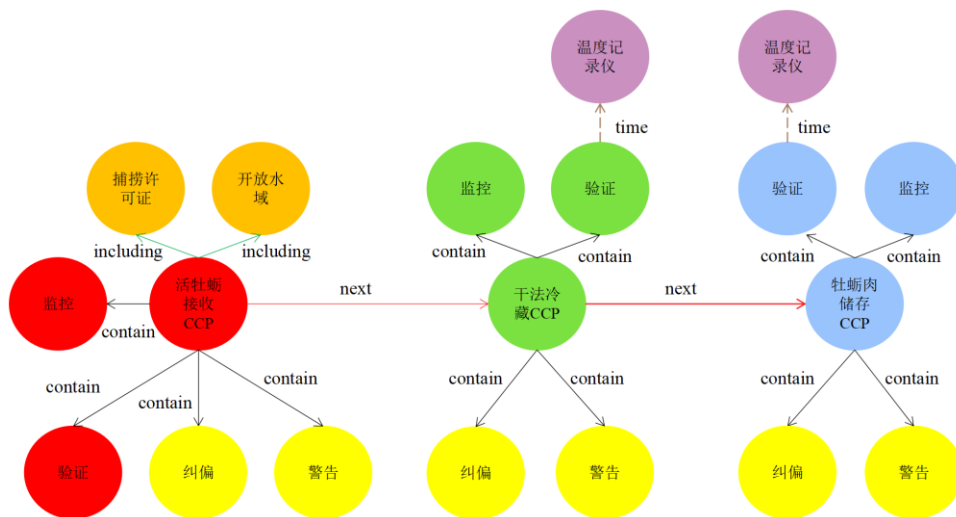


图 3 静态实体的知识结构

Fig.3 Knowledge structure of static entities

3.2 动态实体知识表示

基于动态数据集合,提取的动态实体以及联系定义为公式(2)的形式:

$$\mathbf{D} := (d_i \{, (r_{ij}, e_{ij}) \} \{, R_i \} \{, t_{ik}, T_{ik}) \}) \quad (2)$$

$$(i=1,\cdots,M; \ j=0,\cdots,N; \ k=0,\cdots,L)$$

式中, D 表示动态实体、动态实体所关联的联系以及动态实体的衍生实体组成的集合。 d_i 表示第 i 个 CCP 监控数据实体; 基于对知识频次和相互联

系的理解,验证数据不独立作为一个实体,而是融入对应 CCP 监控数据实体中。 e_{ij} 表示的是 d_i 的第 j 个衍生实体。衍生实体主要分 2 类:一类是纠偏数据和警告数据,统一定义为纠偏数据实体;另一类是验证计划中的温度记录仪数据实体。 T_{ik} 是 d_i 的变形,当第 i 个监控数据实体存在周期监控时, d_i 就演化为 T_{i0} 、 T_{i1} ... 监控周期数据实体,其中, T_{i0} 即是 d_i ; T_{ik} 表示的是 d_i 在第 k 次监控下的监控数据实体, L 是 d_i 周期监控次数,当第 i 个实体不需要进行周期监控时, $L=0$ 。干法冷藏和牡蛎肉储存数据实体存在周期监控数据实体,所记录的内容一致,因而合并表示。动态 CCP 数据实体如图 4 所示。 R_i 表示的是 d_i 与 d_{i+1} 之间的联系。3 个关键控制点监控数据实体之间的联系,定义为 next。 r_{ij} 表示的是 d_i 与 e_{ij} 之间的联系。干法冷藏、牡蛎肉储存监控数据实体与其衍生实体温度记录仪数据实体是通过时间属性联系的;而 3 个 CCP 监控数据实体与衍生的纠偏数据实体之间的联系,定义为 contain。 t_{ik} 表示的是 T_{ik} 与 $T_{i(k-1)}$ 之间的联系。干法冷藏、牡蛎肉储存和温度记录仪数据实体存在监控周期,其与上一个监控周期的自身相同实体之间的联系,都定义为 nextD。

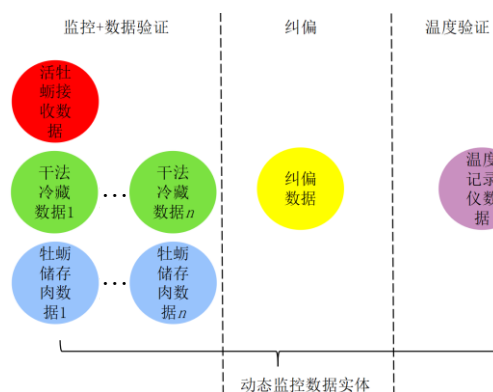


图4 动态实体集的实体

Fig.4 Entities in dynamic entity sets

用有向箭头线表示实体联系的先后时间顺序。数据实体中通过“批次号/容器号/时间序列”或“年-月-日”的形式来表达该节点的标识信息。对于不存在周期监控的数据实体而言,则没有时间序列,缩减为“批次号/容器号”;若一个批次没有分为多个容器,继续缩减为“批次号”。纠偏实体节点中内容与对应的 CCP 监控数据实体节点类似。

结合动态数据,可将生食牡蛎 HACCP 计划的动态知识用知识结构图(图 5)来表示。

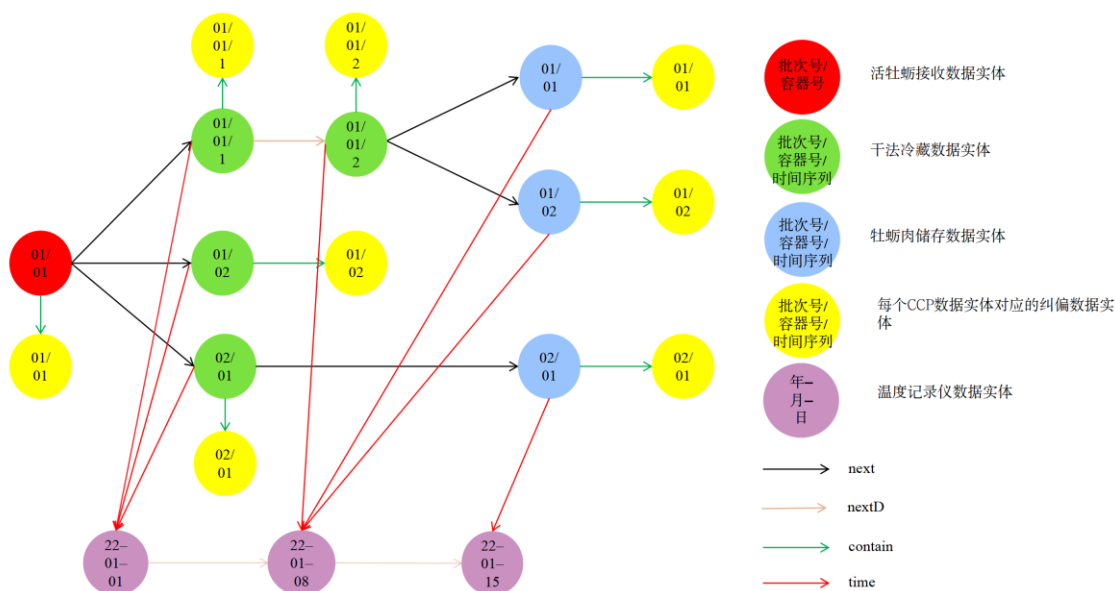


图5 动态实体的知识结构

Fig.5 Knowledge structure of dynamic entities

图 5 以活牡蛎接收环节中 01 批次、01 容器中的监控数据以及后续各环节 CCP 的部分监控数据为例,展示了生食牡蛎 HACCP 计划的监控、纠偏、警告以及验证实体的知识结构图。其中温度值作为

监控数据实体中的一个属性来存储。

4 知识的存储

4.1 实体的存储

采用图数据库储存,其中 2021 年 10 月 11 日

在东海捕捞的活牡蛎的接收数据实体储存结构表示如下。

```
{ "identity": "14", "labels": ["data1"],
  "properties": { "jlr": "ywj", "ccp": "1", "jsjhpch": "1",
    "plsj": "21.10.11-16:00", "bz": "null", "yssj": "360.0",
    "symc": "东海", "blxkz": "0000001", "jsrqh": "1",
    "lcsj": "21.10.11-22:00", "bsp": "y" }
```

在活牡蛎接收数据实体储存结构中, 每个实体都通过名为 identity 节点的标识符、名为 label 的标签名和名为 properties 的众多属性来描述。属性名为中文名首字母, 如 jlr 表示记录人、plsj 表示捕捞时间、bsp 表示标识牌等, 这些属性存储的都是在 HACCP 计划实施过程中的现场数值。其他实体储存结构类似。

4.2 联系的存储

以上述活牡蛎的接收数据实体与干法冷藏数据实体之间的联系为例, 对其中节点实体储存结构的内容简化, 其联系存储结构表示如下。

```
{ "start": { "identity": "14", "labels": ["data1"], "properties": {
  "jlr": "ywj", "ccp": "1", "bsp": "y" } },
  "end": { "identity": "26", "labels": ["data2"], "properties": {
    "ccp": "2", "jlr": "ywj", "jsrgh": "1" } },
  "segments": [ { "start": { "identity": "14", "labels": ["data1"],
    "properties": { ... } }, "relationship": { "identity": "50", "start":
      "14", "end": "26", "type": "nextpart", "properties": { ... } }, "end":
    { "identity": "26", "labels": ["data2"], "properties": { ... } } },
  "length": "1.0" }
```

在联系的存储结构中, 其属性包括 start 为联系开始节点、end 为结束节点、集合 segments 为联系中所有的节点信息以及联系的总长度 length。节点集合储存的是从 start 到 end 所有中间节点信息以及 relationship 联系信息, 联系信息中储存的属性中 identity 为联系 ID 值、start 为开始节点 ID 值、end 为结束节点的 ID 值、type 为联系类型、properties 为联系属性, 在此联系中没有设置属性, 为空。其他实体节点和联系的存储结构均相同。

以部分测试数据为例, 采用图数据库储存生食牡蛎 HACCP 计划的语义信息, 将其分割为 3 个关键控制环节展示, 如图 6 所示。

图 6 中, 虚线分割的 3 个部分分别对应 3 个关键控制环节。每个关键控制环节都通过不同的实体、不同的联系记录了该环节的关键控制点监控数据、对应纠偏数据以及所直接关联的下一个关键控制环节的监控数据。在同一个环节中, 多个同颜色节点的链接反映的是同一实体周期性的监控数据。在干法冷藏和牡蛎肉存储环节中, 还涉及温度记录仪的监控与纠偏, 因此, 有对应的不同时间段温度记录仪数据实体和联系的展示。

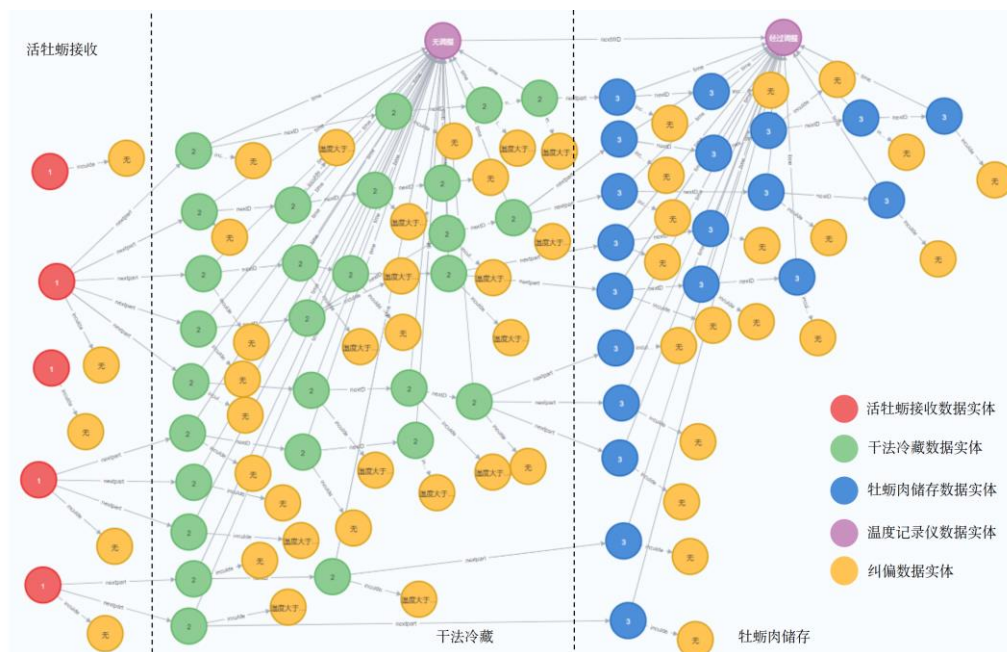


图 6 部分存储数据的图形化展示

Fig.6 Graphical presentation of partially stored data

5 基于知识库的核心业务原型实现与测试

5.1 试验环境

基于知识可视化模型实现原型系统的软硬件配置为 2.30 GHz Intel Corei5 处理器、16GB 内存、64 位 windows 系统、IDEA 应用开发平台、Java 程序设计语言、Apache Tomcat 后台 Web 应用服务器、neo4j 图数据。

5.2 部分动态实体联系知识图的构建

以干法冷藏业务的数据监控为例,对于每次获取的监控数据,根据其 CCP 关键限值和操作限制的比较结果,动态构建知识体系中的实体及联系。构建伪代码完成干法冷藏 CCP 的监控和纠偏动态实体及相关联系:

```
if(zsj<cgxzsjsj&&lcswd<sjbjwd){
    jp.setJpqr("无");jp.setJsqr("接收,继续监控中");
} else{
    if(zsj>cgxzsjsj){
        jpqr = "冷藏温度大于关键限值的温度的时间超过最大时间";
```

```
jp.setJsqr("扣留、评估");
    }else if(lcswd>sjbjwd){
        jpqr = "温度大于实际操作限值温度,并未超过最大时间限值,进行温度校准" + jpqr;
        jp.setJsqr("接收,继续监控中");
    }
    jp.setJpqr(jpqr);
}
jp.setTime(time);
jp.setJpr("yw");
jpJC.save(jp);
data2JC.createRelation2(js1, js2, lc1, lc2, data2JC.GS(js1, js2, lc1, lc2), time);
```

经由此处理后的监控测试数据存储全貌如图 7 所示。该图记录了不同接收批次 3 个关键控制点监控的生食牡蛎经警告、纠偏以及验证等业务后积累下来的数据信息,为减少数据的复杂度,展示中有意隐去了温度信息。

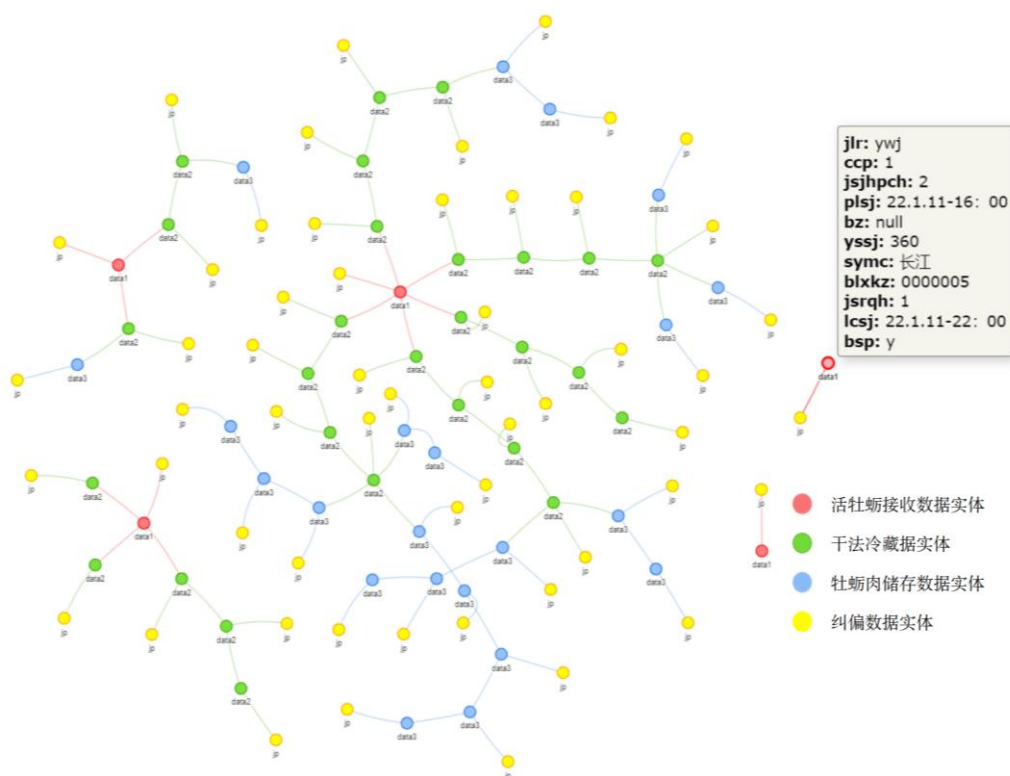


图 7 部分生食牡蛎 HACCP 计划的语义表达

Fig.7 Semantic expression of partial raw oyster HACCP plan

5.3 溯源测试

为直观反映在销售中出现的食品安全问题,从

语义记录图中快速定位相关产品,结合实体联系的存储模式,可对业务链上各个阶段的产品信息采用

递增式编码。

从活牡蛎接收开始,综合考虑接收牡蛎涉及的捕捞地点、接收时间、批次号和容器号等信息,活牡蛎接收实体的编码由捕捞地点信息对应地点名称的首字母 2~3 位、接收时间信息 6 位、接受批次号 2 位以及接受容器号 2 位组合成 12~13 位的编码,如图 8 所示。以活牡蛎接收为例,2022 年 01 月 01 日接收一批捕捞地点是东海的活牡蛎,批次号是 01,分装于 2 个容器,分别为 01 和 02,于是,01 容器的实体编码为 DH2201010101。



图 8 活牡蛎接收编码位数示意图

Fig.8 Schematic diagram of live oyster receiving encoding digits

干法冷藏编码是在活牡蛎接收编码的基础上增加对应环节的 2 位批次号、2 位容器号和 2 位时间序列号。而牡蛎肉储存编码则在干法冷藏编码的基础上进一步增加。

销售编码是基于产品编码的基础再加上销售时间和地点的首字母,通过 BASE64 加密算法加密得到并储存在 mysql 数据库中。针对部分产品销售环节的测试数据,如 9 所示。

销售编码	产品名称	销售时间	销售地点
REgyMjAxMDEwMTAxMDEwMTA0MDEwMjAz	牡蛎肉	2022-01-14	北京海淀区
REgyMjAxMDEwMTAxMDEwMTA0MDEwMTA1	牡蛎肉	2022-01-14	上海浦东区
REgyMjAxMDEwMTAxMDEwMTA0MDEwMTA1	牡蛎肉	2022-01-19	深圳福田区
REgyMjAxMDEwMTAxMDEwMTA0MDEwMTA1	牡蛎肉	2022-01-27	西安未央区
REgyMjAxMjAwMTAyMDEwMTA0MDEwMTA1	牡蛎肉	2022-02-01	成都温江区
REgyMjAxMjAwMTAyMDEwMTA0MDEwMTA1	牡蛎肉	2022-02-01	南京建邺区

图 9 部分产品销售测试数据

Fig.9 Partial product sales testing data

如“REgyMjAxMDEwMTAxMDEwMTA0MDEwMjAz”编码的产品出现了安全问题,输入该编码,则对应于 HACCP 计划直接关联的监控数据链即可完整地呈现出来,如图 10 所示,绿色虚线圆圈就是溯源起点,从此开始向上溯源,红色虚线圆圈即溯源终点,蓝色虚线框中的节点为向上溯源的路径关联节点。图形化整体展现,当鼠标停留在关注节点上,还可以看到该节点的详细数据,如节点展示的数据中用红色虚线框标注出来的数据,是溯源过程中评判产品是否有问题的重要依据。在发现某一节点数据异常后可继续定位该节点,拓展看这一节点展开的详细数据,方便精准定位问题点及关联数据面。

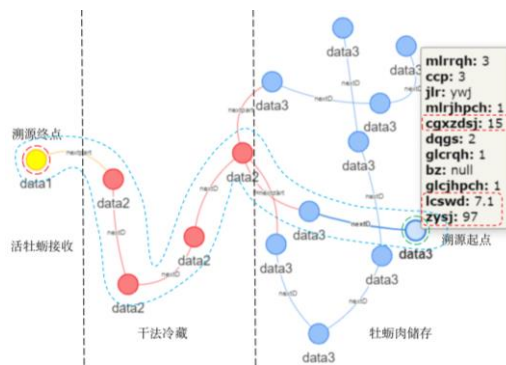


图 10 销售编码溯源展示

Fig.10 Sales code traceability display

5.4 性能测试

运用 JMeter 软件对构建的水产品质量分析溯源平台进行性能测试,通过多线程对数据库进行溯源查询访问,测试其吞吐量和异常率。以 10 个线程做 1000 次循环溯源查询,吞吐量结果分别为 854.4、874.3、891.1、885.9、827.1、894.5、840.6、844.3、836.9、838.1 次/s,平均吞吐量为 858.72 次/s,其表明了在执行多线程查询时吞吐量的稳定性。200 次/s 的交易吞吐量可基本承载商业应用^[28],异常率也都为 0,证明在此语义处理上的溯源应用是可行的。

6 结论

为了在实践中保障 HACCP 计划国家标准的可靠实施,也为了给质量溯源提供更完整的质量监控数据,以水产品 HACCP 体系中的生食牡蛎计划信息为知识语义表达为研究对象,基于标准的描述,形成了生食牡蛎 HACCP 计划的 HVEM,采用结构+数据的理解方式,较全面地获取国家标准中生食牡蛎 HACCP 计划的语义数据信息;采用动态+静态的数据理解方式,将 HACCP 计划制定中确定的标准规范数据的知识结构图以及 HACCP 计划执行中的各个计划的动态监控、纠偏以及验证等数据的知识结构图实现有序表达。最后,基于 neo4j 图数据库,验证知识节点的动态构建,以及简易的质量溯源测试,初步从功能和性能角度验证了生食牡蛎 HACCP 计划知识可视化应用模型 HVEM 的可行性。

参考文献:

- [1] 赵春江,王开义,喻钢,等. 基于 SVM 快速增量算法的 HACCP 控制点分类[J]. 农业机械学报, 2009, 40(S1): 260-262.

- [2] 王开义, 徐红敏, 赵春江, 等. 优化支持向量机在鲜切生菜加工 HACCP 分类中的应用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(11): 219–221.
- [3] MARTINS E A, GERMANO P M L. Microbiological indicators for the assessment of performance in the hazard analysis and critical control points(HACCP) system in meat lasagna production[J]. Food Control, 2008, 19(8): 764–771.
- [4] 赵晓芳, 王贵禧, 梁丽松, 等. 鲜桃采后商品化处理及冷链运输过程对果品品质的影响及控制[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 278–281.
- [5] 刘寿春, 赵春江, 杨信廷, 等. 基于微生物危害的冷却猪肉加工过程关键控制点分析与控制[J]. 食品科学, 2013, 34(1): 285–289.
- [6] ALLATA S, VALERO A, BENHADJA L. Implementation of traceability and food safety systems(HACCP) under the ISO 22000: 2005 standard in North Africa: the case study of an ice cream company in Algeria[J]. Food Control, 2017, 79: 239–253.
- [7] ASADUZZAMAN M. The implementation of hazard analysis critical control point(HACCP) plan for chicken nugget plant[J]. Asian Food Science Journal, 2021, 20(5): 11–24.
- [8] ZHANG Q Y, LIU L S, LIU Z J. Application of safety and reliability analysis in wastewater reclamation system [J]. Process Safety and Environmental Protection, 2021, 146: 338–349.
- [9] 李琰歆, 钟慈平, 陈学强, 等. 基于 HACCP 体系浅析食品微生物定性检测中的风险管理[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(12): 5046–5053.
- [10] FENG H H, CHEN J, ZHOU W, et al. Modeling and evaluation on WSN-enabled and knowledge-based HACCP quality control for frozen shellfish cold chain[J]. Food Control, 2019, 98: 348–358.
- [11] MCALOON C G, WHYTE P, MORE S J, et al. Development of a HACCP-based approach to control paratuberculosis in infected Irish dairy herds[J]. Preventive Veterinary Medicine, 2015, 120(2): 152–161.
- [12] YANG Y H, WEI L J, PEI J N. Application of meta-analysis technique to assess effectiveness of HACCP-based FSM systems in Chinese SLDBs[J]. Food Control, 2019, 96: 291–298.
- [13] GEDIKOĞLU H, GEDIKOĞLU A. Consumers' awareness of and willingness to pay for HACCP-certified lettuce in the United States: regional differences[J]. Food Control, 2021, 130: 108263.
- [14] TOMASEVIC I, DODEVSKA M, SIMIĆ M, et al. The use and control of nitrites in Serbian meat industry and the influence of mandatory HACCP implementation[J]. Meat Science, 2017(12), 134: 76–78.
- [15] CHEN R, HARTARSKA V, WILSON N L W. The causal impact of HACCP on seafood imports in the U. S.: an application of difference-in-differences within the gravity model[J]. Food Policy, 2018, 79: 166–178.
- [16] LIU F, RHIM H, PARK K, et al. HACCP certification in food industry: trade-offs in product safety and firm performance[J]. International Journal of Production Economics, 2021, 231: 107838.
- [17] 傅泽田, 邢少华, 张小栓. 食品质量安全可追溯关键技术发展研究[J]. 农业机械学报, 2013, 44(7): 144–153.
- [18] REJEB A. Halal meat supply chain traceability based on HACCP, blockchain and internet of things[J]. Acta Technica Jaurinensis, 2018, 11(4): 218–247.
- [19] 朱麟, 张友华, 李绍稳, 等. 一个基于本体的 HACCP 体系知识服务系统[C]//2011 年智能计算与工业应用国际会议论文集. 智能信息技术应用学会, 2011.
- [20] WANG W S, XU J C, ZHANG W F, et al. Optimization and validation of the knowledge-based traceability system for quality control in fish waterless live transportation[J]. Food Control, 2021, 122: 107809.
- [21] 牟向伟, 陈燕, 曹妍. 农产品冷链 HACCP 管理体系知识建模与推理[J]. 农业工程学报, 2016, 32(2): 300–308.
- [22] 邹一波, 李清雨, 陈明, 等. 基于生食牡蛎 HACCP 计划的语义建模研究[J]. 农业机械学报, 2021, 52(12): 290–299.
- [23] 秦丽, 郝志刚, 李国亮. 国家食品安全标准图谱的构建及关联性分析[J]. 计算机应用, 2021, 41(4): 1005–1011.
- [24] 杨鹤, 于红, 孙哲涛, 等. 基于双重注意力机制的渔业标准实体关系抽取[J]. 农业工程学报, 2021, 37(14): 204–212.
- [25] 吕东东, 陈俊华, 毛典辉, 等. 农产品标准领域知识图谱实体关系抽取及关联性分析[J]. 农业工程学报, 2022, 38(9): 315–323.
- [26] GB/T 19838—2005 水产品危害分析与关键控制点(HACCP)体系及其应用指南[S].
- [27] 余敦辉, 张露怡, 张笑笑, 等. 基于知识图谱和重启随机游走的跨平台用户推荐方法[J]. 计算机应用, 2021, 41(7): 1871–1877.
- [28] 张朝栋, 王宝生, 邓文平. 基于侧链技术的供应链溯源系统设计[J]. 计算机工程, 2019, 45(11): 1–8.

责任编辑: 邹慧玲

英文编辑: 柳 正