

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.01.015

刘美辰, 郭健, 耿健强, 等. 收储粮食质量安全风险预警平台创建[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(1): 113-119.

LIU M C, GUO J, GENG J Q, et al. Creation of an early warning platform for risks to the quality and safety of stored grain[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(1): 113-119.

收储粮食质量安全风险预警平台创建

刘美辰¹, 郭健²✉, 耿健强¹, 芮琴¹

(1. 北京市食品检验研究院(北京市食品安全监控和风险评估中心), 北京 100094;

2. 北京国家粮食交易中心, 北京 100054)

摘要: 基于北京市储备粮各承储企业对粮食中真菌毒素及重金属的快速检测的数据, 采用浏览器/服务器(B/S)架构, 终端浏览器(WEB), 通过加密算法, 利用快检设备的无线传输功能对数据进行采集和传输, 实现了监测数据的实时迁移; 利用点到多点网络通信(P2MP), 多设备在线/离线采集的数据通过文件上传系统及关系型数据库抽取工具, 实现多源数据同步整合; 使用关系型数据库(MySQL)、列式存储数据库(HBase)和分布式文件系统(HDFS)、分布式全文搜索(ElasticSearch)和分布式内存数据库(Redis)实现云储存; 使用Storm进行实时计算, Streaming进行流运算, Spark进行内存运算, MapReduce进行批量运算, 实现监测数据快速处理; 使用人工智能技术及MLlib/Mahout进行数据挖掘建模, 形成北京粮源地产区时空序列模型和粮食购销企业信用评价模型, 从而实现北京地区粮食质量安全的动态预警和数据可视化表达, 提供预警判据, 便于管理部门实时掌控、实时响应和粮食质量安全追溯, 促进粮食流通和收储领域参与方的良性竞争和诚信体系的建立, 为政府决策提供科学依据。

关键词: 风险预警; 粮食; 快速检测; 信息化; 质量安全

中图分类号: TS201.6; S379.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)01-0113-07

网络首发时间: 2024-01-04 14:22:58

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20240103.1021.002>

Creation of an Early Warning Platform for Risks to the Quality and Safety of Stored Grain

LIU Mei-chen¹, GUO Jian²✉, GENG Jian-qiang¹, GUO Qin¹

(1. Beijing Institute of Food Inspection and Research (Beijing Municipal Center for Food Safety Monitoring and Risk Assessment), Beijing 100094, China;

2. Beijing National Grain Trading Center, Beijing 100054, China)

Abstract: Based on the fast detection of mycotoxins and heavy metals in grain by each storage enterprise of

收稿日期: 2023-09-25

基金项目: 第二批全国粮食行业技能拔尖人才“郭健工作室”项目(国粮办人[2017]323号)

Supported by: The Second Batch of National Top Skilled Talents in The Grain Industry “Guo Jian Studio” Project (Guo Liang Ban Ren [2017] No. 323)

作者简介: 刘美辰, 女, 1985年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为粮油食品质量与安全。E-mail: meichen85@163.com

通讯作者: 郭健, 男, 1979年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为粮油食品质量与安全。E-mail: hchjgj@sina.com

Beijing reserve grain, the real-time migration of monitoring data is realized by adopting the B/S architecture, terminal WEB browser, and using the wireless transmission function of the rapid detection equipment to collect and transmit the data through the encryption algorithm; by using P2MP point-to-multipoint network communication, the data collected by multiple devices online/offline are uploaded through the file uploading system and the relational database extraction tool to achieve synchronous integration of data from multiple sources; by using relational database MySQL, column storage database HBase and distributed file system HDFS, distributed full-text search ElasticSearch and distributed memory database Redis to achieve cloud storage; by using Storm for real-time computation, Streaming for streaming operation, Spark for memory computing, and MapReduce for batch computing to achieve rapid processing of monitoring data; by using artificial intelligence technology and MLib/Mahout for data mining and modelling to form a spatial and temporal sequence model of Beijing's grain producing areas and credit evaluation model of grain purchasing and marketing enterprises, so as to achieve the dynamic early warning of grain quality and safety and visual expression of the data, and provide early warning judgments to facilitate real-time control by government departments and real-time response to the situation. It promotes real-time control, real-time response and traceability management of grain quality and safety by management departments, enhances healthy competition and the establishment of an integrity system in grain circulation and storage, and provides a scientific basis for government decision-making.

Key words: risk early warning; grain; fast detection; information technology; quality safety

由于生态和气候环境的变化, 粮食质量安全形势严峻, 真菌毒素及重金属污染已成为粮食污染的首要问题^[1-4]。北京市作为大型粮食销区, 调入的粮食来源多样, 真菌毒素及重金属污染风险呈多样性。为杜绝真菌毒素及重金属的传播与储备粮再污染, 北京市储备粮各承储企业在入库环节使用快速检测设备对粮食中真菌毒素及重金属污染情况进行检测, 实现了收储粮食质量安全的关口前移, 但仍存在缺乏直观有效的粮情整体评价手段, 缺乏实时可靠的数据支撑为政府部门提供决策支持, 缺乏风险预警模型只能事后处理, 缺乏对粮食购销企业的监督和评价能力等问题。因此, 亟需遵循《北京市粮食流通和物资储备“十四五”发展规划》^[5], 开展粮食质量安全信息采集与分析, 实现粮食综合质量评价, 从而提高粮食质量安全风险预警能力。粮食质量安全数据的实时监控、深度挖掘和交互使用, 将极大提高决策分析的精准度和科学性, 从而带动粮食质量安全相关风险评估理论和方法的发展。

粮食质量安全风险预警平台的创建重点在于如何集成快速检测技术、风险预警技术和信用评价技术。本项目依托云架构, 结合无线智能物联

网、P2MP 点到多点网络通信、高速大容量云存储、生物网络算法、信息综合评价、人工智能等技术, 将北京市储备粮入库环节的真菌毒素及重金属快检数据信息化, 建立数字化、信息化监管通道, 创新粮食流通监管模式; 利用监测数据构建北京粮源地产区时空序列模型, 为行政部门提供决策依据; 利用数据赋能建立信用评价指标, 考评粮食流通环节购销企业活动情况, 拟通过信用评价分级, 优选服务对象。

1 构架设计

收储粮食质量安全风险预警平台主要通过数据云采集、云整合、云存储、云计算、云分析、云挖掘、云服务模块, 实现粮食质量智能化监测与风险预警技术的综合集成。安全控制使用身份管理、用户认证、基于角色访问控制、安全审计和重要数据加密存储等确保数据的安全性和可靠性。通过数据模型管理、数据质量管理、数据全过程监测和数据运维管理等确保数据的准确性和完整性。数据采集存储软硬件管理配置采用 Docker、Hadoop 集群运维, 对服务、资源进行监控, 时刻监测异常告警(图 1)。

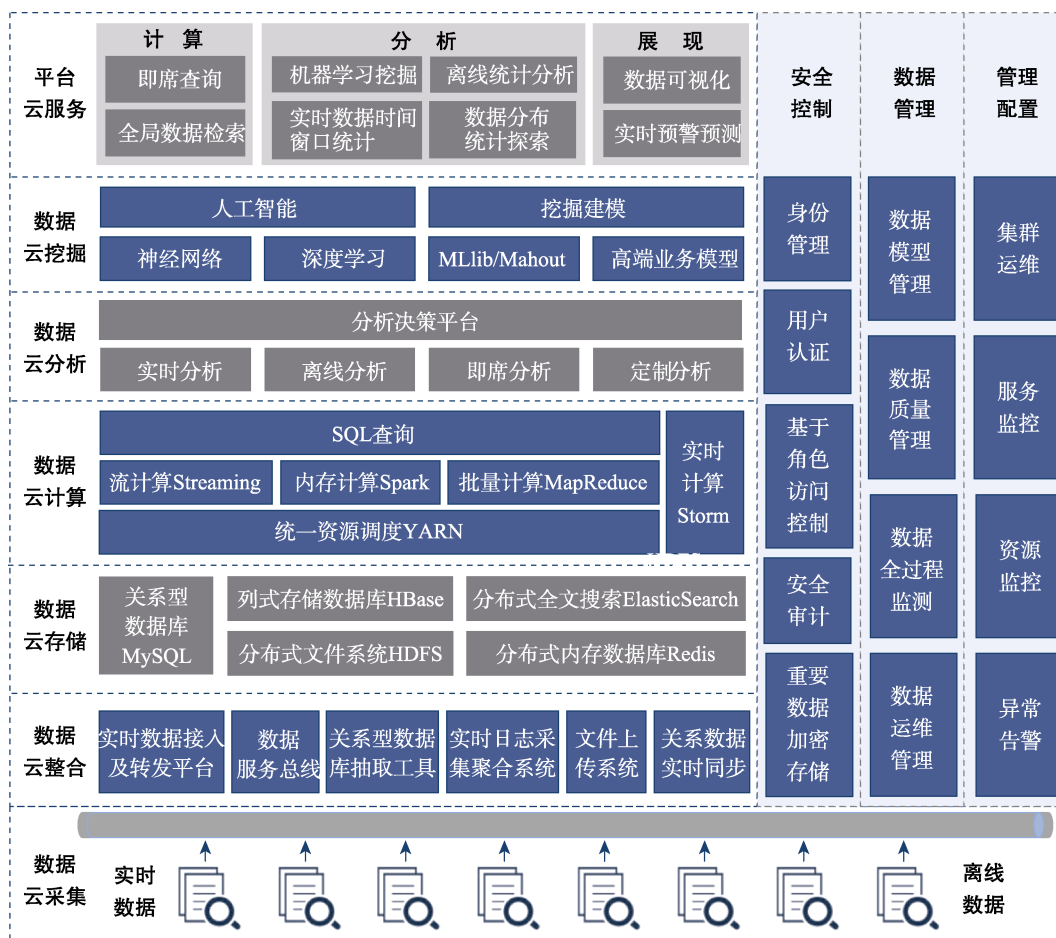


图 1 粮食质量安全风险预警平台架构图

Fig.1 Grain quality and safety risk early warning platform architecture

2 平台创建

2.1 数据采集、整合与存储

粮食质量安全状况受生长环境、气候、运输等多种因素的共同影响，这些因素都有可能引起安全风险的出现，因此在采集数据时不仅采集真菌毒素及重金属检测数据（包括检测时间、检测项目、检测数值、检测单位和判定结果等），还需采集对应的粮食样品信息（包括样品种类、代表数量、等级、产地、发货单位、车号、发站、到站、承储单位等），以满足风险预警对数据、信息的需求。

在北京市储备粮各承储企业对粮食中真菌毒素及重金属快速检测时，按照“扦样→移动终端录入样品信息→打印粘贴条码标记→检验员收样→读取条形码→样品预处理→检验→提交结果”的采集流程，采用 B/S 架构，终端 WEB 浏览器，通过加密算法，利用粮食真菌毒素及重金属快速检测设备的无线传输功能实现“扦样-收样-检测”

数据实时上传，实现快检数据的数字化、信息化。

基于网络拓扑原理（图 2），利用 P2MP 点到多点网络通信，多设备在线/离线采集的数据通过文件上传系统及关系型数据库抽取工具，实现多源数据同步整合，支持在线和离线两种方式确保数据的完整性。使用关系型数据库 MySQL、列式

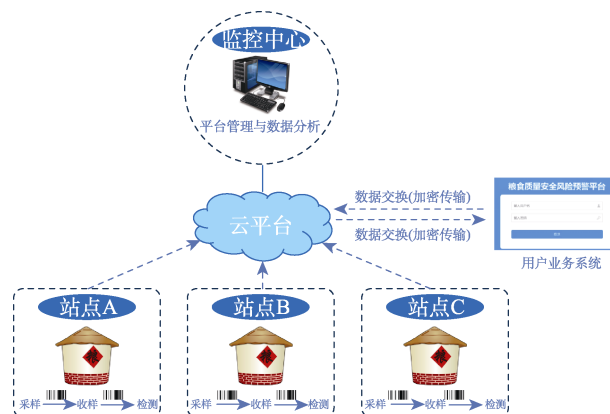


图 2 网络拓扑图

Fig.2 Network topology diagram

存储数据库 HBase 和分布式文件系统 HDFS、分布式全文搜索 ElasticSearch 和分布式内存数据库 Redis 实现云存储。

2.2 数据计算与可视化分析

根据 GB 2761—2017《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》和 GB 2762—2022《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中规定的粮食中真菌毒素及重金属限量值设定阈值，超过阈值的不合格数据以红色标注，合格数据以绿色标注。实时计算采用 Storm，后台计算使用大数据 Hadoop 的 YARN 进行调度，从数据存储平台读取数据，使用 Streaming 进行流运算，Spark 进行内存运算，MapReduce 进行批量运算。再通过设置不同角色，根据实际情况赋予用户不同权限，根据权限通过检测日志查询（图 3）、检测单统计、检测项统计、合格率统计和信息仓统计等功能使用 SQL 快速调取指定数据并以可视化图表方式呈现，便于政府部门快速、直观、高效地掌握粮食真菌毒素及重金属污染整体情况，更好地了解数据的特征和趋势，从而更准确地决策。

检测单统计可根据检测日期查询当天检测单

| | | | |
|-----------------|-----|------|------|
| 采样日期 | 采样员 | 进站车号 | 样本名称 |
| 收样日期 | 收样员 | 样本编码 | 检测单位 |
| 检测日期 2020-07-30 | 检测员 | 检测结果 | 检测项目 |

| 序号 | 样本编码 | 样本名称 | 样本来源 | 发货单位 | 产地 | 车号 | 发站 | 到站 | 代表数量 | 确定等级 | 检测项目 | 检测结果 |
|----|--------------|------|-----------|------|----|----|----|----|-------|------|------|------|
| 1 | 200515006882 | 小麦 | 测试检测库点004 | 企业A | X省 | XX | XX | 北京 | 2吨 | 1等 | 呕吐毒素 | 合格 |
| 2 | 200515006880 | 小麦 | 测试检测库点004 | 企业A | X省 | XX | XX | 北京 | 1吨 | 1等 | 呕吐毒素 | 不合格 |
| 3 | 200515006879 | 玉米 | 测试检测库点004 | 企业A | X省 | XX | XX | 北京 | 0.5 吨 | 1等 | 呕吐毒素 | 合格 |

图 3 检测日志查询展示图
Fig.3 Detection log query display diagram

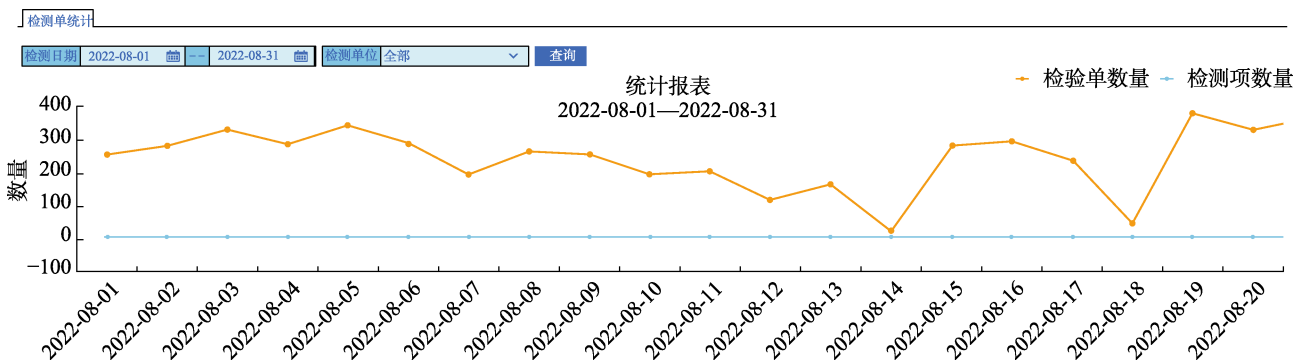


图 4 检测单统计展示图
Fig.4 Test order statistics

数量，或一段时间内的检测单数量趋势（图 4）；检测项统计可根据检测日期、检测项目或检测单位进行当天检测平均值（或某一项目检测平均值），或一段时间内的检测平均值（或某一项目检测平均值）趋势；合格率统计可根据检测日期、检测项目或检测单位进行当天合格率查询（或某一项目合格率），或一段时间内的合格率（或某一项目合格率）趋势；信息仓统计可查看各承储企业检测样本情况，可根据检测日期范围来展示检测样本分布、检测项目合格率、检测结果列表、检测点分布地图等。

2.3 北京粮源产区风险预警

建立北京粮源产区风险模型是收储粮食质量安全风险预警机制的核心和关键部分，需要使用神经网络及深度学习等人工智能技术和 MLlib/Mahout 进行数据挖掘。基于 WEB 采集的快检数据及对应粮食样品信息，可能存在样品信息记录错误、重复记录、设备故障、检测数据异常或缺失值过多等数据质量问题，采用交互式数据清洗方法剔除异常或缺失值过多的数据，确保模型的准确性和稳定性，使模型更能反映真实的数据分

布, 并改善数据的可视化效果, 使数据图表更具代表性。缺失值采用均值、临近值填充或插值算法填充, 再加入近十年的期货数据、环境数据、粮食价格、重大国际事件、宏观调控数据等相关数据, 引用信息增益(公式 1)进行特征选择, 以确定对北京粮源地产区风险预警具有更高信息量的特征, 并使用灰色关联度来确定所选特征之间的关联性。

信息增益 = 熵(整体数据) -
$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\text{样本数}_i}{\text{总样本数}} \times \text{熵}(\text{类别}_i) \right)$$
 式(1)

再对所选的特征引入合适的多元回归模型, 如线性回归(公式 2), 并使用标准化残差图方差齐性进行诊断, 检验残差的方差是否齐性, 如采用 Levene 检验或 Bartlett 检验等, 以确保模型的稳健性。

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$
 式(2)

北京粮源地产区时空序列模型可查看各产区真菌毒素及重金属检测合格率、粮食供给量、粮食价格、一级粮食等级占比等相关情况(图 5~6), 可开展北京市储备粮真菌毒素及重金属污染状况和发生规律分析、粮食产区分析、粮食溯源分析、粮食价格波动影响因素分析等辅助政府部门进行政务决策, 并在风险超过设定阈值时自动发出预警信号至预设用户端, 实现了收储粮食质量安全

监测信息的全程实时监控、数据自主可控、业务深度分析、场景科学决策和风险即时预警, 便于政府部门实时掌控、实时响应, 促进粮食质量安全追溯体系的建立。

2.4 粮食购销企业信用评价

构建适用、实用的北京市粮食购销企业信用评价机制, 是北京市粮食行业健康发展的重要环节。结合北京市储备粮特点、粮食购销企业情况、监管部门职能与技术支撑, 将企业资质、企业实



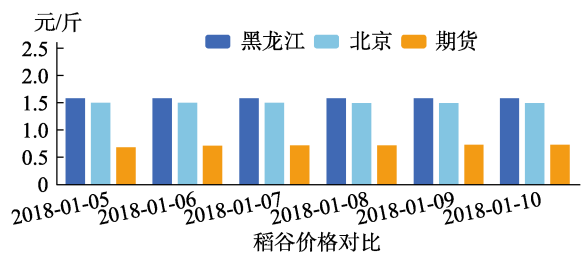
图 5 粮食产区详情展示图

Fig.5 Grain producing area details

粮食价格

稻谷价格(单位: 元/斤)

| 日期 | 黑龙江 | 北京 | 期货 |
|------------|------|------|------|
| 2018-01-05 | 1.58 | 1.50 | 0.68 |
| 2018-01-06 | 1.58 | 1.50 | 0.71 |
| 2018-01-07 | 1.58 | 1.50 | 0.72 |
| 2018-01-08 | 1.58 | 1.49 | 0.72 |
| 2018-01-09 | 1.58 | 1.49 | 0.73 |
| 2018-01-10 | 1.58 | 1.49 | 0.73 |



小麦价格(单位: 元/斤)

| 日期 | 河北 | 北京 | 期货 |
|------------|------|------|------|
| 2018-01-05 | 1.23 | 1.25 | 0.66 |
| 2018-01-06 | 1.23 | 1.25 | 0.67 |
| 2018-01-07 | 1.23 | 1.25 | 0.66 |
| 2018-01-08 | 1.23 | 1.25 | 0.67 |
| 2018-01-09 | 1.23 | 1.25 | 0.67 |
| 2018-01-10 | 1.23 | 1.25 | 0.66 |

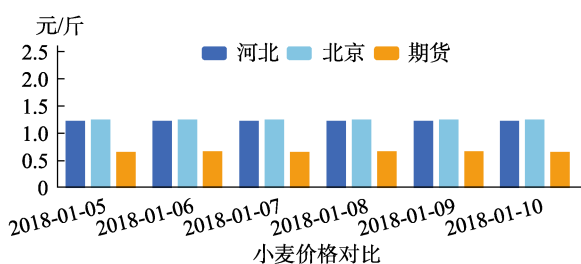


图 6 粮食价格对比分析展示图

Fig.6 Grain price comparison and analysis

表 1 粮食购销企业信用评价指标

Table 1 Grain purchasing and marketing enterprise credit evaluation indicators

| 评价指标 | 序号 | 分解指标 | 评分标准 | 分值/分 |
|------------|----|--|--|------|
| 企业评价指标 | 1 | 资质 | 有得 8 分, 无得 0 分 | 8 |
| | 2 | 质量管理制度 | 有得 5 分, 无得 0 分 | 5 |
| | 3 | 粮食收购、储存、运输活动和政策性用粮的购销活动以及粮食流通统计制度执行情况 | 良得 2 分; 中得 1 分; 差得 0 分 | 2 |
| | 4 | 企业内部分工及考核标准 | 有得 1 分, 无得 0 分 | 1 |
| | 5 | 安全管理: 安全生产责任制度、安全生产教育培训制度、隐患排查治理制度、应急预案 | 有 1 项得 0.5 分, 有 2 项得 1 分, 有 3 项得 1.5 分, 有 4 项得 2 分 | 2 |
| | 6 | 质量负责人 | 有得 1 分, 无得 0 分 | 1 |
| | 7 | 检验部门、检验人员及其资质 | 有得 1 分, 无得 0 分 | 1 |
| | 8 | 文件及信息可溯源性管理 | 有得 1 分, 无得 0 分 | 1 |
| | 9 | 粮食购销贸易活动执行情况 | 按期完成得 6 分; 延期 1~3 天完成得 4 分; 延期 4~6 天完成得 2 分; 延期 7 天及以上或未履约得 0 分 | 6 |
| | 10 | 粮食收储标准执行情况 | 良得 3 分; 中得 1 分; 差得 0 分 | 3 |
| | 11 | 培训记录 | 有得 1 分, 无得 0 分 | 1 |
| | 12 | 自查记录 | 有得 1 分, 无得 0 分 | 1 |
| | 13 | 环境条件: 清洁、卫生、无污染, 符合环保要求 | 符合得 1 分, 不符合得 0 分 | 1 |
| | 14 | 运输要求: 车辆、工具、铺垫物、遮盖物必须清洁无污染, 不得与污染物同车运输 | 符合得 1 分, 不符合得 0 分 | 1 |
| 社会评价指标 | 15 | 粮食主管部门行政处罚情况 | 无行政处罚得 20 分, 有行政处罚得 0 分 | 20 |
| | 16 | 配合行政机关监管情况 | 良得 3 分; 中得 1 分; 差得 0 分 | 3 |
| | 17 | 征信部门信用记录 | 无不良记录得 1 分, 有不良记录得 0 分 | 1 |
| | 18 | 其他行政机关提供的企业粮食安全信用信息 | 无不良记录得 1 分, 有不良记录得 0 分 | 1 |
| | 19 | 媒体有关粮食安全信用方面的反馈信息 | 无负面报道得 1 分, 有负面报道得 0 分 | 1 |
| 粮食质量安全评价指标 | 20 | 入库环节真菌毒素(黄曲霉毒素 B ₁ 、呕吐毒素、赭曲霉毒素)、重金属(铅、镉)快检合格率 | ≥95%得 40 分; 90%~94%得 35 分; 85%~89%得 30 分; 80%~84%得 25 分; 75%~79%得 20 分; 70%~74%得 15 分; 65%~69%得 10 分; 60%~64%得 5 分; <60%得 0 分。 | 40 |

注: 总分 100 分, 90~100 分为 A 级, 75~89 分为 B 级, 60~74 分为 C 级, 小于 60 分为 D 级。

Note: The total score is 100 points, with 90~100 points classified as A level, 75~89 points classified as B level, 60~74 points classified as C level, and less than 60 points classified as D level.

粮食购销企业信用评价等级情况

全部

- 2023-08-24
北京国家粮食交易中心
市储备粮油第十次竞价交易会
- 2023-07-27
北京国家粮食交易中心
市储备粮油第九次竞价交易会
- 2023-07-12
北京国家粮食交易中心
市储备粮油第八次竞价交易会
- 2023-06-20
北京国家粮食交易中心
市储备粮油第七次竞价交易会
- 2023-05-18
北京国家粮食交易中心
市储备粮油第六次竞价交易会
- 2023-04-20
北京国家粮食交易中心
市储备粮油第五次竞价交易会
- 查看更多

全部中标企业列表

选择企业: 选择信用等级 ▼

| 序号 | 企业名称 | 信用等级 | 信用分数 | 评价时间 | 信用详情 |
|----|------|------|------|------------|--------------------|
| 1 | 企业A | A | 99 | 2023-09-01 | 详情 |
| 2 | 企业B | A | 99 | 2023-09-01 | 详情 |
| 3 | 企业C | A | 98 | 2023-09-01 | 详情 |
| 4 | 企业D | A | 98 | 2023-09-01 | 详情 |
| 5 | 企业E | A | 93 | 2023-09-01 | 详情 |
| 6 | 企业F | A | 92 | 2023-09-01 | 详情 |
| 7 | 企业G | A | 91 | 2023-09-01 | 详情 |
| 8 | 企业H | A | 90 | 2023-09-01 | 详情 |
| 9 | 企业I | B | 84 | 2023-09-01 | 详情 |
| 10 | 企业J | B | 84 | 2023-09-01 | 详情 |
| 11 | 企业K | B | 83 | 2023-09-01 | 详情 |
| 12 | 企业L | B | 80 | 2023-09-01 | 详情 |
| 13 | 企业M | B | 80 | 2023-09-01 | 详情 |
| 14 | 企业N | B | 79 | 2023-09-01 | 详情 |
| 15 | 企业O | B | 78 | 2023-09-01 | 详情 |

近三年信用等级前10企业

1. 企业A
2. 企业B
3. 企业C
4. 企业D
5. 企业E
6. 企业F
7. 企业G
8. 企业H
9. 企业I
10. 企业J

近三年信用等级末5企业

1. 企业V
2. 企业W
3. 企业X
4. 企业Y
5. 企业Z

图 7 粮食购销企业信用评价等级模拟图

Fig.7 Grain purchasing and marketing enterprise credit evaluation simulation chart

际运行能力、经营活动管理、各项粮食流通活动的完成情况、政府考评、入库环节真菌毒素及重金属快检合格率等作为输入变量(表 1),按权重统计粮食购销企业信用等级,建立粮食购销企业信用评价模型(图 7),点击信用评价模型可查看信用评价标准、评价结果和评价排名,通过信用评价分级,优先选择政府采购服务的对象,为北京市粮食管理部门提供决策依据。

3 结论

利用无线智能物联网、P2MP 点到多点网络通信、高速大容量云存储等技术,通过从样品信息化采集、实验室过程控制到数据平台化管理和监测监管的主动控制,实现了粮食收储质量安全监测信息的全程实时监管、快检数据的可视化展示与分析,助推粮食质量安全信息化步伐。

利用生物网络算法、信息综合评价、人工智能等技术对数据集进行特征选择,设定阈值建立北京粮源产区时空序列模型,可开展北京市储备粮真菌毒素及重金属污染状况和发生规律分析、粮食产区分析、粮食溯源分析、粮食价格波动影响因素分析等为政府决策提供科学依据。

利用快检数据赋能建立信用评价指标,可考评粮食购销企业在各项粮食流通活动的完成情况,增加对粮食购销企业的约束,形成企业转型升级倒逼模式,引导粮食从业者树立新的粮食安全观,凝心聚力保障国家粮食安全,促进粮食产业优化升级,引领粮食行业科学发展。

该预警平台促进了粮食流通监管模式向后台监管、分类监管、信用监管转变,形成质检关键数据穿透式监管的初步应用模型,为未来结合算法的大数据挖掘及 AI 预警提供坚实基础,使北京市收储粮食质量安全监管工作水平得到提高,保证北京市储备粮质量安全。下一步将在预警平台中加入北京市储备粮基本质量指标、粮食仓储、物流、天气、交通和市场流通等方面的数据信息,绘制“储粮一张图”,建立“监管一张网”,实现全覆盖、穿透式监管,推动粮食行业高质量发展。

参考文献:

- [1] 闫兆凤,黄常刚,杨欣.中国主粮中真菌毒素污染现状[J].卫生研究,2022,51(4):685-691.
YAN Z F, HUANG C G, YANG X. Current situation of mycotoxin pollution in chinese main grains[J]. Journal of Hygiene Research, 2022, 51(4): 685-691.
- [2] 李雅静,秦曙,杨艳梅,等.中国谷物真菌毒素污染研究现状[J].中国粮油学报,2020,35(3):186-194.
LI Y J, QIN S, YANG Y M, et al. Research status of mycotoxin contamination in grains in China[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils, 2020, 35(3): 186-194.
- [3] 习春红.粮食中重金属污染的危害与防控[J].粮食加工,2023,48(3):140-142.
XI C H. The harm and prevention and control of heavy metal pollution in grain[J]. Grain Processing, 2023, 48(3): 140-142.
- [4] 蓝嘉炜.粮食重金属污染现状及检测技术分析[J].中国食品工业,2021,322(8):60-61.
LAN J W. Analysis on the current situation and detection techniques of heavy metal pollution in grain[J]. China Food Industry, 2021, 322(8): 60-61.
- [5] 北京市粮食和物资储备局 北京市发展和改革委员会 北京市商务局关于印发《北京市粮食流通和物资储备“十四五”发展规划》的通知(京粮发〔2021〕50号)[N].北京市人民政府公报,2022(21):67-93.
Notice of the Beijing Municipal Bureau of Grain and Material Reserves on the Issuance of the "14th Five Year Plan for the Development of Grain Circulation and Material Reserves in Beijing" by the Beijing Development and Reform Commission and the Beijing Bureau of Commerce (Jingliangfa [2021] No. 50) [N]. Gazette of the People's Government of Beijing, 2022(21): 67-93. ㊟

备注:本文的彩色图表可从本刊官网(<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。