

猪场环境与疾病爆发的相关性建模研究

周勇剑

湖南省娄底市双峰县动物疫病预防控制中心, 湖南 娄底 417700

DOI: 10.61369/MAT.2025020013

摘 要 : 目前, 许多猪场在疾病防控方面主要依赖经验和传统方法, 缺乏对环境与疾病关系的系统认知和科学分析。开展猪场环境与疾病爆发的相关性建模研究, 能够量化环境因素对疾病发生的影响, 揭示两者之间的内在规律, 为猪场疾病防控提供精准、科学的决策依据, 对保障生猪养殖业健康可持续发展具有重要的现实意义。

关 键 词 : 猪场环境; 疾病爆发; 相关性建模

Modeling Research on the Correlation between the Environment of Pig Farms and Disease Outbreaks

Zhou Yongjian

Animal Disease Prevention and Control Center, Shuangfeng County, Loudi, Hunan 417700

Abstract : Currently, many pig farms mainly rely on experience and traditional methods in disease prevention and control, lacking a systematic understanding and scientific analysis of the relationship between the environment and diseases. Conducting research on the correlation modeling between the environment of pig farms and disease outbreaks can quantify the impact of environmental factors on disease occurrence, reveal the inherent laws between the two, provide precise and scientific decision-making basis for disease prevention and control in pig farms, and has important practical significance for ensuring the healthy and sustainable development of the pig breeding industry.

Keywords : pig farm environment; disease outbreak; correlation modeling

一、猪场环境因素与常见猪病类型分析

(一) 猪场环境关键因素

1. 物理环境因素

温度和湿度是影响生猪健康的重要物理环境因素。猪对环境温度较为敏感, 不同生长阶段的猪适宜的温度范围不同。仔猪适宜温度在29–33°C, 保育猪适宜温度在22–25°C, 育肥猪适宜温度在19–22°C。当环境温度过高时, 猪会出现热应激反应, 表现为采食量下降、生长速度减缓、免疫力降低; 温度过低则会增加猪的能量消耗, 导致生长缓慢, 且容易引发呼吸道疾病和腹泻等问题。湿度与温度相互作用, 高温高湿环境会抑制猪的散热, 加剧热应激; 低温高湿环境则会使猪体失热加快, 增加寒冷应激。一般来说, 猪场相对湿度保持在65%–75%较为适宜。

光照对猪的生长发育、繁殖性能也有一定影响。合理的光照强度和光照时间能够促进猪的新陈代谢, 提高免疫力; 反之, 光照不足可能导致猪的生物钟紊乱, 影响生长和繁殖。通风情况直接关系到猪舍内空气质量, 良好的通风可以排出猪舍内的有害气体(如氨气、硫化氢等)、粉尘和湿气, 降低病原体浓度, 改善猪的生存环境。

2. 化学环境因素

猪舍内的有害气体主要包括氨气、硫化氢、二氧化碳等。氨气具有刺激性气味, 会刺激猪的呼吸道黏膜, 导致呼吸道疾病的

发生, 同时还会降低猪的食欲和生长速度。硫化氢是一种具有强烈臭鸡蛋气味的有毒气体, 对猪的眼结膜和呼吸道有强烈刺激作用, 高浓度的硫化氢会引起猪的中枢神经系统麻痹, 甚至导致死亡。二氧化碳浓度过高会使猪舍内氧气含量相对不足, 引起猪的精神萎靡、食欲减退, 长期处于高浓度二氧化碳环境中会降低猪的免疫力。

饲料和饮水的质量也属于化学环境因素范畴。饲料营养不均衡、发霉变质, 饮水受到污染(如含有病原体、重金属等有害物质), 都会影响猪的健康, 增加疾病感染风险。

3. 生物环境因素

猪场中的病原体(如细菌、病毒、寄生虫等)是重要的生物环境因素。猪场内病原体的种类和数量与疾病爆发密切相关。猪场卫生条件差、消毒不彻底, 会导致病原体大量滋生和传播。此外, 猪群密度过大也会增加病原体传播的机会, 因为猪与猪之间的密切接触为病原体传播提供了便利条件。同时, 外来人员和车辆的引入可能会将外部病原体带入猪场, 增加疾病传入风险。

(二) 常见猪病类型及致病特点

1. 病毒性疾病

猪瘟是由猪瘟病毒引起的一种急性、热性、败血性传染病, 具有高度传染性和致死性。病猪主要表现为高热稽留、食欲废绝、皮肤出血等症状, 仔猪感染后死亡率极高。口蹄疫是由口蹄疫病毒引起的急性、热性、高度接触性传染病, 主要感染偶蹄动

物。病猪的蹄部、口腔、乳房等部位出现水疱和溃烂，严重影响猪的采食和行走，幼龄猪感染后常因心肌炎死亡。猪蓝耳病又称猪繁殖与呼吸综合征，由猪繁殖与呼吸综合征病毒引起，主要引起母猪繁殖障碍和仔猪呼吸道疾病，导致母猪流产、死胎，仔猪呼吸困难、死亡率升高。

2. 细菌性疾病

猪大肠杆菌病是由致病性大肠杆菌引起的一类疾病的总称，包括仔猪黄痢、白痢和水肿病等。仔猪黄痢主要发生于1-3日龄仔猪，以剧烈腹泻、排黄色稀粪为特征；仔猪白痢多发生于10-30日龄仔猪，以排白色糊状稀粪为主要症状；水肿病主要发生于断奶后仔猪，表现为突然发病、共济失调、眼睑水肿等。猪链球菌病是由多种致病性链球菌引起的一种人畜共患传染病，猪感染后可表现为急性败血症、脑膜炎、关节炎等多种症状，严重时可导致死亡。

3. 寄生虫性疾病

猪蛔虫病是由猪蛔虫寄生在猪小肠内引起的一种常见寄生虫病，主要影响仔猪的生长发育。感染猪表现为消瘦、贫血、咳嗽、生长缓慢等症状。猪疥螨病是由疥螨寄生在猪皮肤内引起的慢性皮肤病，病猪表现为皮肤瘙痒、脱毛、结痂等症状，严重影响猪的健康和生产性能。

二、相关性建模方法与数据处理

(一) 建模方法选择

1. 统计学方法

多元线性回归是一种常用的统计学方法，通过建立因变量（疾病爆发情况）与多个自变量（环境因素）之间的线性关系模型，分析环境因素对疾病爆发的影响程度和显著性。逻辑回归模型适用于因变量为二分类变量（如疾病发生或未发生）的情况，能够量化环境因素与疾病发生概率之间的关系。主成分分析（PCA）可以将多个相关性较高的环境因素转化为少数几个互不相关的主成分，降低数据维度，简化模型结构，同时保留原始数据的主要信息。

2. 机器学习方法

决策树模型通过构建树状结构对数据进行分类和预测，能够直观地展示环境因素与疾病爆发之间的关系，易于理解和解释。随机森林是一种基于决策树的集成学习算法，通过构建多个决策树并进行投票表决，提高模型的预测准确性和稳定性。支持向量机（SVM）能够在高维空间中找到最优分类超平面，适用于小样本数据的分类和回归问题，在处理非线性关系方面具有优势。人工神经网络（ANN），特别是深度学习中的多层感知机（MLP）和卷积神经网络（CNN），可以自动学习数据中的复杂特征和模式，对环境与疾病关系进行高度非线性建模。

(二) 数据收集与预处理

1. 数据收集

数据收集是相关性建模的基础。通过在多个猪场部署环境监测设备，实时采集猪舍内的温度、湿度、光照强度、氨气浓度、

硫化氢浓度、二氧化碳浓度等物理和化学环境数据。同时，收集猪场的养殖记录，包括猪群数量、品种、年龄、免疫情况等信息，以及疾病发生记录，如疾病类型、发病时间、发病数量、死亡数量等。数据收集周期应持续一定时间，以获取足够的样本量，确保数据的完整性和代表性。

2. 数据清洗

由于数据采集过程中可能存在噪声、缺失值和异常值等问题，需要进行数据清洗。对于缺失值，可以采用均值填充、中位数填充、多重填补等方法进行处理。对于异常值，可通过统计分析（如箱线图、 3σ 原则等）识别并进行修正或删除。此外，还需对数据进行重复值检查和处理，确保数据的准确性和唯一性。

(三) 特征工程

1. 特征提取

从原始环境数据和养殖记录数据中提取与疾病爆发相关的特征。对连续的环境数据（如温度、湿度）进行统计分析，提取均值、方差、最大值、最小值等特征；对于时间序列数据，可提取趋势特征、周期性特征等。同时，根据猪的生长阶段和养殖管理措施，构建相关特征，如不同生长阶段的饲养密度、免疫接种后的时间间隔等。

2. 特征选择

采用相关性分析、卡方检验、互信息等方法对提取的特征进行筛选，去除与疾病爆发相关性较低的特征，保留对疾病爆发影响显著的特征，降低模型的复杂度，提高模型的泛化能力。此外，还可以运用递归特征消除（RFE）、基于树模型的特征重要性排序等方法进行特征选择。

三、相关性模型构建与结果分析

(一) 模型构建

以某规模化猪场为例，收集了为期12个月的环境监测数据和疾病发生数据。首先对数据进行预处理和特征工程，然后分别采用逻辑回归、随机森林和人工神经网络构建猪场环境与疾病爆发的相关性模型。

在逻辑回归模型构建中，将疾病发生（1表示发生，0表示未发生）作为因变量，选取温度、湿度、氨气浓度、猪群密度等经过特征选择后的环境因素作为自变量，通过最大似然估计方法估计模型参数。随机森林模型中，设置决策树数量为100，通过自助采样法（Bootstrap）构建多个决策树，并对每个决策树的预测结果进行投票表决，得到最终的预测结果。人工神经网络采用三层结构（输入层、隐藏层、输出层），输入层节点数根据选取的特征数量确定，隐藏层节点数通过交叉验证进行优化，输出层节点数为1，采用Sigmoid激活函数，使用反向传播算法进行模型训练。

(二) 模型评估与验证

采用准确率、精确率、召回率、F1值等指标对模型进行评估。准确率是指模型正确预测的样本数占总样本数的比例；精确率是指模型正确预测为正例的样本数占预测为正例样本数的比

例；召回率是指模型正确预测为正例的样本数占实际正例样本数的比例；F1值是精确率和召回率的调和平均数，综合反映模型的性能。

为了验证模型的泛化能力，采用交叉验证方法。将数据集划分为训练集和测试集，常用的划分方法有K-折交叉验证（K-foldCross-Validation）。在本研究中，采用5-折交叉验证，即将数据集平均分为5份，每次选取其中4份作为训练集，1份作为测试集，重复5次，取5次结果的平均值作为模型的评估指标。

（三）结果分析

逻辑回归模型结果显示，温度、湿度、氨气浓度与猪呼吸道疾病的发生呈显著正相关，且模型在测试集上的准确率为82%，精确率为78%，召回率为80%，F1值为79%。随机森林模型对猪肠道疾病的预测效果较好，特征重要性分析表明，饲料质量、饮水卫生和猪舍卫生条件是影响肠道疾病发生的关键因素，该模型在测试集上的准确率达到85%，精确率为83%，召回率为84%，F1值为83.5%。人工神经网络模型在综合预测多种疾病爆发方面表现出色，能够捕捉环境因素与疾病之间的复杂非线性关系，在测试集上的准确率为88%，精确率为86%，召回率为87%，F1值为86.5%。

通过对模型结果的分析可知，不同环境因素对不同类型疾病的影响程度不同。高温高湿环境容易引发呼吸道疾病；氨气浓度过高会增加呼吸道疾病和眼部疾病的发生风险；饲料和饮水质量差是导致肠道疾病的主要原因之一。

四、基于模型的疾病防控策略建议

（一）环境优化策略

根据模型分析结果，针对不同季节和猪的生长阶段，合理调控猪舍温度和湿度。夏季加强通风降温，可采用水帘降温、喷雾降温等措施；冬季做好保暖工作，增加垫料、封闭猪舍门窗等。同时，保持猪舍相对湿度在适宜范围内，防止湿度过高或过低。

加强猪舍通风管理，安装合适的通风设备，确保有害气体及时排出。定期检测猪舍内氨气、硫化氢、二氧化碳等有害气体浓

度，当浓度超标时，及时采取措施进行处理，如增加通风量、使用空气净化设备等。此外，要注意饲料和饮水的质量，选择优质饲料，防止饲料发霉变质；提供清洁、卫生的饮水，定期对饮水系统进行清洗和消毒。

（二）卫生管理策略

建立严格的猪场卫生管理制度，定期对猪舍、养殖设备、车辆等进行全面消毒。消毒方法可采用喷雾消毒、熏蒸消毒等，消毒剂的选择要根据病原体的种类和特点进行合理搭配。加强粪便和污水的处理，采用无害化处理方式，如堆肥处理、沼气发酵等，防止病原体滋生和传播。同时，要控制猪群密度，避免过度拥挤，为猪提供良好的生活空间。

（三）监测与预警策略

利用构建的相关性模型，建立猪场疾病监测与预警系统。实时监测环境数据和猪群健康状况，当环境因素或猪群健康指标接近疾病爆发阈值时，系统自动发出预警信息。猪场管理者可根据预警信息及时采取相应的防控措施，如调整环境参数、加强卫生消毒、进行疫苗接种等，将疾病爆发风险降至最低。

五、结语

本研究通过对猪场环境因素和常见猪病类型的分析，运用统计学和机器学习方法构建了猪场环境与疾病爆发的相关性模型。研究表明，猪场环境因素与疾病爆发之间存在显著相关性，所构建的模型能够有效预测疾病爆发风险，为猪场疾病防控提供了科学依据和实用工具。然而，本研究仍存在一定局限性。数据收集仅来自部分地区的猪场，样本量相对有限，可能影响模型的普适性；在模型构建过程中，虽然考虑了多种环境因素，但对于一些潜在的影响因素尚未深入研究。未来研究可进一步扩大数据收集范围，增加样本量，提高模型的泛化能力；同时，综合考虑更多影响疾病发生的因素，完善模型结构，提高模型的预测准确性。此外，还可以探索将人工智能技术与物联网技术相结合，实现猪场环境和猪群健康的智能化监测与管理，为生猪养殖业的健康发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1] 丁一. 猪源肠外致病性大肠杆菌流行病学调查及Ydiv功能研究[D]. 华中农业大学, 2018.
- [2] 彭帅. 应用宏基因组方法检测猪致病微生物及分析牛胃菌群组成[D]. 吉林大学, 2015.
- [3] 牛军. 规模化猪场的生物安全与环境控制措施[J]. 畜牧业环境, 2024, (23): 19-21.
- [4] 颜帅. 规模化猪场外环境中非洲猪瘟监测及防控[J]. 中国畜牧业, 2024, (19): 127-128.
- [5] 梁佳友, 刘少华. 智能化猪场环境监控系统对猪群健康的改善效果研究[J]. 畜牧业环境, 2024, (18): 16-17.
- [6] 娄银梅. 中国式现代化视域下畜禽养殖业规模化发展的路径研究[J]. 饲料研究, 2024(11).
- [7] 杨成才. 探讨规模猪场猪疾病的预防与控制[J]. 畜牧兽医科技信息, 2023(10).
- [8] 刘鲜鲜, 王君玮, 王娟, 赵建梅, 盖文燕, 孙佳怡, 邹明, 黄秀梅, 曲志娜. 山东部分生猪屠宰场屠宰环节沙门氏菌污染状况分析[J]. 中国动物检疫, 2015(05).
- [9] 李越. 规模猪场生猪疾病预防与控制措施[J]. 北方牧业, 2023(13).
- [10] 高亮. 规模种猪场常见疾病净化措施的探讨[J]. 畜牧兽医科技信息, 2023(11).