

The Prediction Model of Egg Duck Outdoor Culture Environment Based on Parallel Vector Autoregressive Time Series VAR(2)

Liang Cao^{1,2,3}, Pengfei Guo^{2,3,4*}, Shuangyin Liu^{1,2,3}, Longqin Xu^{1,2,3}, Lei Zhang^{1,2,3}, Yunmao Huang^{3,5}, Wenjun Liu^{3,5}, Xiangli Li^{1,2,3}, Haogen Xu^{2,3}

¹College of Information Science and Technology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Gaungdong

²Intelligent Agriculture Engineering Research Center of Guangdong Higher Education Institutes, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Gaungdong

³Guangdong Province Key Laboratory of Waterfowl Healthy Breeding, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Gaungdong

⁴College of Computational Science, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Gaungdong

⁵College of Animal Science, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Gaungdong

Email: 10113093@qq.com, *450799063@qq.com

Received: May 22nd, 2019; accepted: Jun. 6th, 2019; published: Jun. 13rd, 2019

Abstract

It has always been a difficult problem that is accurate prediction of breeding environment in waterfowl breeding industry. Taking the outdoor culture environment parameters such as temperature, humidity, wind direction and solar radiation as the research object, this paper proposed a linear prediction model of egg duck culture environment with high efficiency, and high precision by using the parallel vector autoregressive time series VAR(2) (Vector Autoregressive (2)) model prediction method which realizes a accurate prediction, early warning and control of the healthy culture environment of egg duck.

Keywords

Breeding Environment, Multivariate Time Series Analysis, Test of Predictive Model

基于平行向量自回归时间序列VAR(2)的蛋鸭室外养殖环境预测模型

曹亮^{1,2,3}, 郭鹏飞^{2,3,4*}, 刘双印^{1,2,3}, 徐龙琴^{1,2,3}, 张垒^{1,2,3}, 黄运茂^{3,5}, 刘文俊^{3,5}, 李湘丽^{1,2,3}, 徐浩根^{2,3}

*通讯作者。

文章引用: 曹亮, 郭鹏飞, 刘双印, 徐龙琴, 张垒, 黄运茂, 刘文俊, 李湘丽, 徐浩根. 基于平行向量自回归时间序列VAR(2)的蛋鸭室外养殖环境预测模型[J]. 统计学与应用, 2019, 8(3): 495-502.

DOI: 10.12677/sa.2019.83055

¹仲恺农业工程学院, 信息科学与技术学院, 广东 广州
²仲恺农业工程学院, 广东省高校智慧农业工程研究中心, 广东 广州
³仲恺农业工程学院, 广东省水禽健康养殖重点实验室, 广东 广州
⁴仲恺农业工程学院, 计算科学学院, 广东 广州
⁵仲恺农业工程学院, 动物科技学院, 广东 广州
Email: 10113093@qq.com, 450799063@qq.com

收稿日期: 2019年5月22日; 录用日期: 2019年6月6日; 发布日期: 2019年6月13日

摘要

养殖环境的精准预测一直是水禽养殖业亟需解决的棘手难题。本文以温度、湿度、风向和太阳辐射等室外养殖环境参数为研究对象, 通过平行向量自回归时间序列VAR(2) (Vector Autoregressive (2))模型预测方法, 优化具有效率高、精度高的蛋鸭养殖环境线性预测模型, 实现了蛋鸭健康养殖环境精准预测、预警与控制。

关键词

养殖环境, 多元时序分析, 预测模型检验

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水禽业在我国是一个颇具民族特色的产业, 如何建立蛋鸭养殖生产中的环境变化趋势并保持良好养殖环境对日趋规模化发展的蛋鸭产业至关重要[1]。养殖环境的变化对蛋鸭的生长繁育有着很大影响, 因此研究养殖环境因子之间的相互作用机制, 建立蛋鸭养殖环境预测预警模型, 是实现蛋鸭智能化健康养殖亟待解决的核心问题之一。研究蛋鸭健康养殖环境是为了给出一个可以在不同季节、不同天气下, 动态操控的一系列蛋鸭养殖环境因素的组合。即对蛋鸭产蛋量产生影响的环境因素不是单一确定的, 而是养殖环境的多个因素共同作用的结果, 对于综合结果的评价是目前蛋鸭养殖业中一个非常重要的课题[2] [3] [4] [5] [6]。

随着大数据分析和深度学习方法的蓬勃发展和农业信息化的普及, 通过对农业生产的数据收集和分析指导农业生产成为了一种势不可挡的趋势。在这些大数据分析和统计学习方法中, 时间序列分析方法显得尤为突出。在畜牧学方面, 刘双印等人通过基于时间序列的支持向量机算法实现了河蟹福利养殖水质在线预测, 为集约化水产养殖水质精准调控提供研究基础[7]; 徐龙琴等人通过基于时间序列的WA-ABC-WLSSVR给出了南美白对虾工厂化育苗溶解氧预测模型, 为南美白对虾工厂化育苗水质中溶解氧的预警调控提供了理论指导[8]; 王萍等人通过时间序列模型建立新城疫风险预测模型, 实现了动物新城疫风险短时局部预警[9]; 巫伟峰等人运用时间序列分析法对广东生猪价格波动产生的原因进行了分析, 并为广东生猪价格波动提出有针对性的建议[10]。本文通过平行向量自回归时间序列VAR(2)模型预测方法, 分析了具有效率高、精度高的蛋鸭室外养殖环境线性预测模型, 实现了蛋鸭室外养殖环境精准预测、预警与控制。

2. 材料方法

2.1. 数据

以山麻鸭养殖环境为研究对象,通过蛋鸭环境物联网在线监测平台,收集了温度、太阳辐射、气压、湿度、降雨量、风速和风向等环境参数数据。根据平行向量自回归时间序列 VAR(2)模型的要求,选区了广州市钟村蛋鸭养殖基地室外 2018 年 2 月环境因子数据作为建模原始数据。

2.2. 模型建立

本文采用如下平行向量自回归 VAR(p)建模方法,具体步骤如下:

- 1) 模型的识别:明确输入环境因子数据与预测环境因子数据之间的平行向量自回归 VAR(p)模型表达式;
- 2) 模型的参数估计与检验;
- 3) 模型的诊断分析。

2.3. 预测结果评价方法

选用 Mean Squared Error (MSE)和 Root Mean Squared Error (RMSE)来评价模型的精准度。

3. 结果

3.1. 广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境的 VAR(2)模型

设输入向量 z_t^1 各分量为广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境核心指标空气温度、空气湿度、太阳辐射、气压、风速、风向。那么,广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型对应的参数估计矩阵形式为:

$$Z = X\beta + A \quad (3)$$

其中 $Z = [z_3, z_4, \dots, z_N]^T$ 为 $(N-2) \times 6$ 阶预测矩阵; $X = [x_3, x_4, \dots, x_N]^T$ 为 $(N-2) \times 6$ 阶输入矩阵; $A = [a_3, a_4, \dots, a_N]^T$ 为 $(N-2) \times 6$ 阶白噪音矩阵。由极大似然估计法可得模型参数 β 与白色噪音序列 a_t 的协方差矩阵 Σ_{aML} 如表 1:

Table 1. VAR(2) Model Parameters β of outdoor laying duck culture environment in Zhongcun Panyu Guangzhou
表 1. 广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型参数 β

	风速	风向	太阳辐射	温度	湿度	气压
Φ_0	-20.9894	-3266.5	-38856.1	-132.617	88.35907	-2.23125
风速	0.154682	-32.2845	195.4664	1.481208	-4.13421	-0.01761
风向	-2.9E-05	0.54195	-0.36742	-0.00105	-0.00561	5.07E-05
太阳辐射	-0.00023	0.036937	0.500874	0.001196	-0.00271	-6.1E-06
温度	0.034528	-3.6439	16.54638	0.871271	-3.19681	-0.00171
湿度	0.000551	-1.94691	-3.71202	0.020712	0.149613	-0.0005
气压	-1.13848	53.67128	-175.135	1.048893	2.427027	0.820912
风速	0.006723	-29.8667	119.9309	-0.74371	5.307948	0.001556
风向	0.000463	-0.07701	-0.27171	0.0007	-0.01578	6.59E-05
太阳辐射	0.000431	-0.0093	0.036465	-0.00159	0.005	-9.2E-06
温度	-0.045	-10.7503	10.05961	0.19573	1.03434	-0.00411
湿度	-0.00464	-3.49918	4.960479	-0.00458	0.269348	-0.00069
气压	1.352646	-11.4609	554.1681	0.23676	-2.16657	0.203681

白色噪音序列 a_t 的协方差矩阵为:

$$\Sigma_{aML} = \begin{pmatrix} 0.010409 & 0.51356 & 1.938531 & -0.00381 & -0.03442 & 0.000177 \\ 0.51356 & 420.9221 & 334.5371 & -1.71332 & -0.13921 & 0.045674 \\ 1.938531 & 334.5371 & 8307.817 & 18.94704 & -84.5386 & 0.100586 \\ -0.00381 & -1.71332 & 18.94704 & 0.178217 & -0.58644 & 0.000404 \\ -0.03442 & -0.13921 & -84.5386 & -0.58644 & 4.504998 & 0.000733 \\ 0.000177 & 0.045674 & 0.100586 & 0.000404 & 0.000733 & 0.000353 \end{pmatrix}$$

模型参数的显著性通过 t-检验给出, 上述广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型的参数检验的 t-ratio 值如表 2:

Table 2. VAR(2) model t-ratio of outdoor laying duck culture environment in Zhongcun Panyu Guangzhou
表 2. 广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型 t-ratio

序号	beta-value	se-value	t-ratio	序号	beta-value	se-value	t-ratio
1	-20.9894	13.17601	-1.593	40	-132.617	54.51938	-2.43248
2	0.154682	0.096932	1.595785	41	1.481208	0.401081	3.693039
3	-2.9E-05	0.00048	-0.06123	42	-0.00105	0.001988	-0.52601
4	-0.00023	0.000123	-1.87966	43	0.001196	0.000509	2.347353
5	0.034528	0.032677	1.056656	44	0.871271	0.135209	6.443896
6	0.000551	0.006014	0.091647	45	0.020712	0.024886	0.832273
7	-1.13848	0.523924	-2.17298	46	1.048893	2.167879	0.483834
8	0.006723	0.102208	0.065775	47	-0.74371	0.422913	-1.75854
9	0.000463	0.000474	0.976753	48	0.0007	0.001962	0.356712
10	0.000431	0.000115	3.754746	49	-0.00159	0.000475	-3.34709
11	-0.045	0.032297	-1.39326	50	0.19573	0.133639	1.464625
12	-0.00464	0.006047	-0.76692	51	-0.00458	0.02502	-0.18288
13	1.352646	0.537972	2.514341	52	0.23676	2.226009	0.106361
14	-3266.5	2649.58	-1.23284	53	88.35907	274.1091	0.32235
15	-32.2845	19.49208	-1.65629	54	-4.13421	2.01653	-2.05016
16	0.54195	0.096595	5.610531	55	-0.00561	0.009993	-0.56168
17	0.036937	0.024755	1.492092	56	-0.00271	0.002561	-1.05784
18	-3.6439	6.570989	-0.55454	57	-3.19681	0.679794	-4.70262
19	-1.94691	1.209428	-1.60978	58	0.149613	0.12512	1.19576
20	53.67128	105.3564	0.509426	59	2.427027	10.89952	0.222673
21	-29.8667	20.55309	-1.45315	60	5.307948	2.126295	2.496337
22	-0.07701	0.095354	-0.8076	61	-0.01578	0.009865	-1.59954
23	-0.0093	0.023064	-0.40319	62	0.005	0.002386	2.095602
24	-10.7503	6.49468	-1.65524	63	1.03434	0.671899	1.539427
25	-3.49918	1.215936	-2.87776	64	0.269348	0.125793	2.141194
26	-11.4609	108.1815	-0.10594	65	-2.16657	11.19179	-0.19359
27	-38856.1	11771.17	-3.30096	66	-2.23125	2.425863	-0.91977
28	195.4664	86.5966	2.257207	67	-0.01761	0.017846	-0.98699
29	-0.36742	0.429139	-0.85619	68	5.07E-05	8.84E-05	0.573258
30	0.500874	0.109978	4.554293	69	-6.1E-06	2.27E-05	-0.27047
31	16.54638	29.19264	0.5668	70	-0.00171	0.006016	-0.28444
32	-3.71202	5.373072	-0.69086	71	-0.0005	0.001107	-0.45486
33	-175.135	468.0623	-0.37417	72	0.820912	0.096461	8.510331
34	119.9309	91.31028	1.313444	73	0.001556	0.018818	0.082669
35	-0.27171	0.423627	-0.64139	74	6.59E-05	8.73E-05	0.754468
36	0.036465	0.102466	0.355869	75	-9.2E-06	2.11E-05	-0.43513
37	10.05961	28.85362	0.348643	76	-0.00411	0.005946	-0.69098
38	4.960479	5.401982	0.91827	77	-0.00069	0.001113	-0.61999
39	554.1681	480.6131	1.153044	78	0.203681	0.099047	2.056402

由上述表格中模型参数的 t -ratio 值, 可以看到广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型对应于温度、湿度、风速、气压参数的显著性较好, 而对于风向、太阳辐射的显著性不够理想。

3.2. 预测结果

由于数据量相对较大, 针对广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境影响核心指标建立的基于平行向量自回归时间序列的蛋鸭健康养殖环境 VAR(2)预测模型的预测值与真实值的对比由图 1~6 给出。

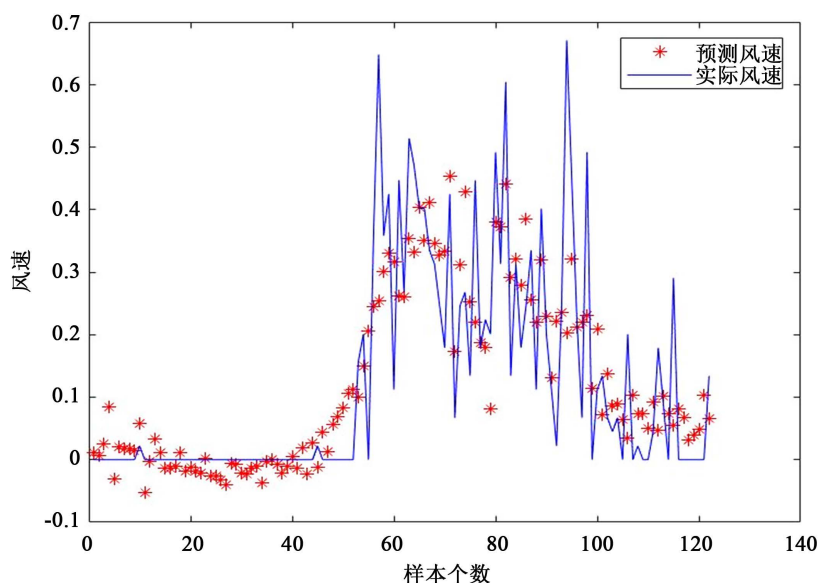


Figure 1. Wind speed prediction map of VAR(2) Model for outdoor laying duck culture environment in Zhongcun, Panyu, Guangzhou

图 1. 广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型风速预测图

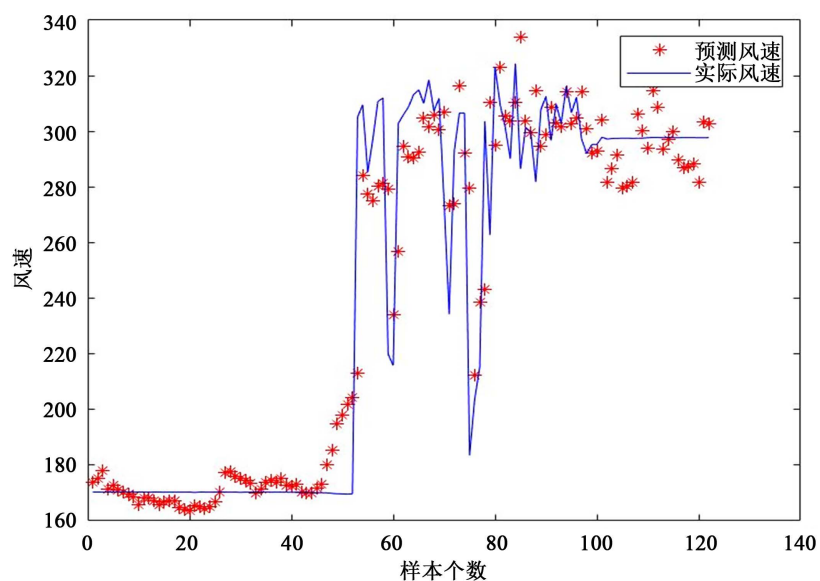


Figure 2. Wind direction prediction map of VAR(2) Model for outdoor laying duck culture environment in Zhongcun, Panyu, Guangzhou

图 2. 广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型风向预测图

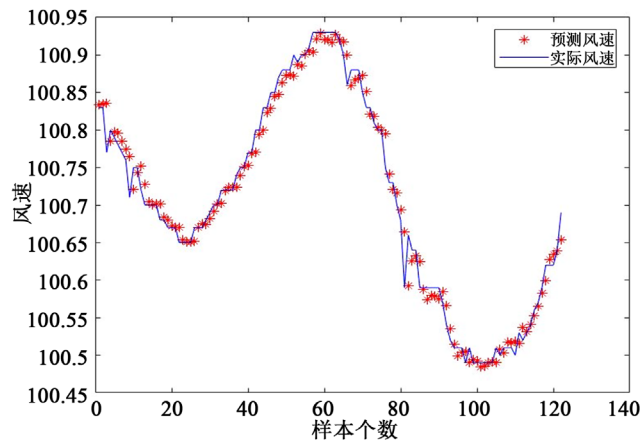


Figure 3. Pressure Prediction map of VAR(2) Model for outdoor laying duck culture environment in Zhongcun, Panyu, Guangzhou

图 3. 广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型气压预测图

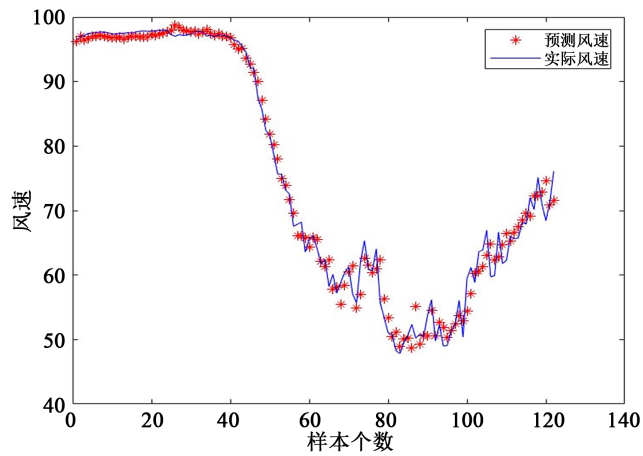


Figure 4. Humidity prediction map of VAR(2) Model for outdoor laying duck culture environment in Zhongcun, Panyu, Guangzhou

图 4. 广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型湿度预测图

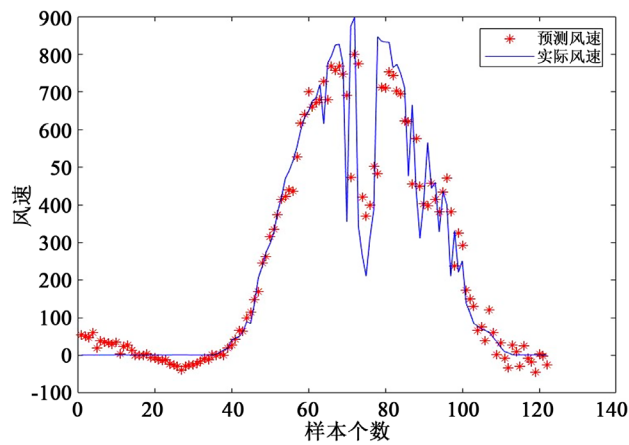


Figure 5. Solar radiation prediction map of VAR(2) Model for outdoor laying duck culture environment in Zhongcun, Panyu, Guangzhou

图 5. 广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型太阳辐射预测图

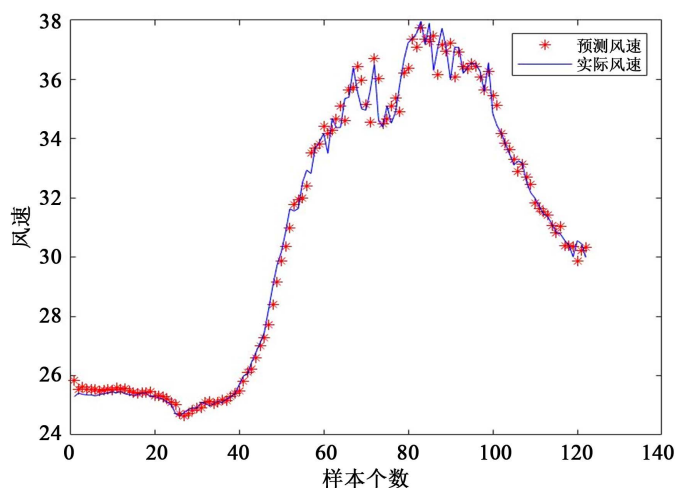


Figure 6. Temperature prediction map of VAR(2) Model for outdoor laying duck culture environment in Zhongcun, Panyu, Guangzhou

图 6. 广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型温度预测图

广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型的评价指标结果见表 3:

Table 3. Evaluation results of VAR(2) model of outdoor laying duck culture environment in Zhongcun, Panyu, Guangzhou
表 3. 广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型的评价结果

	风速	风向	太阳辐射	温度	湿度	气压
MSE	0.010409	420.9221	8307.817	0.178217	4.504998	0.000353
RMSE	0.102025	20.51639	91.14723	0.422158	2.122498	0.018784

从图表中可以看出广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境 VAR(2)模型对风速、温度、湿度、气压的预测精确度较高,对风向和太阳辐射预测值的变化趋势与输入值比较一致,但精确度较低。

4. 讨论

平行向量自回归模型是一种多元时间序列分析模型,它具备处理隐藏于具有对应时间和横截面相关性多维度量信息的能力,可以很好地理解变量之间的动态关系,因而适合于蛋鸭养殖环境的预测。本研究对广州番禺钟村室外的蛋鸭养殖环境进行了 VAR(2)方法建模,结果发现 VAR(2)模型对室外环境因子风速、温度、湿度、气压的预测精度较高。这一现象反映出了温度、湿度、气压等养殖环境相关因子之间实际变化的连续性和较强的线性相关性,而风向及太阳辐射表现出了较强的非线性。这些都与蛋鸭养殖环境的实际情况较吻合。

将平行向量自回归模型引入水禽养殖环境的预测,结果表明是可行的,对养殖环境因子的预测也取得了很好的效果。平行向量自回归模型与 ARIMA 等一元时间序列模型不同,ARIMA 等一元时间序列模型只考虑了单变量随时间变换的关系,而平行向量自回归模型在对多变量预测的同时揭示了各变量之间的动态关系,对蛋鸭环境各因子之间关系的描述更加系统化。与多元线性回归模型相比,平行向量自回归模型不仅给出了蛋鸭环境各因子之间的动态关系,而且揭示了蛋鸭环境因子具有一定延续性的时间依赖关系。由于蛋鸭饮食和下蛋对关键环境因子变化有着比较迅速的反应,本文提出在保证精度条件下效率较高的线性模型更能够及时应对蛋鸭环境因子的变化。

综上所述,养殖环境的精准预测一直是水禽养殖业亟需解决的棘手难题。本文通过分析广州番禺钟

村室外蛋鸭养殖环境因素, 构建了基于平行向量自回归时间序列的广州番禺钟村室外蛋鸭养殖环境因素 VAR(2)模型预测方法, 并且优化后得到自适应精度高的蛋鸭室外养殖环境线性预测模型, 可以在实际生产中尝试使用。随着环境因子数据量的增加, 不断修正模型, 完善模型的精确度, 进而实现蛋鸭健康养殖环境精准预测、预警与控制。

基金项目

本项目由如下基金支持: 国家自然科学基金(61871475, 61471133, 61571444, 61473331), 广东省科技计划(2017B010126001, 2017A070712019, 2016A040402043, 2015A070709015, 2015A020209171, 2016B010125004, 2014B040404070, 2015A040405014, 2016A070712020), 广东省教育厅科研项目(2017GCZX001, 2016GCZX001, 2017KTSCX094, 2017KTSCX095, 2017KQNCX098, 2018GXJK072), 广州市科技计划(201707010221, 201903010043, 201905010006)。

参考文献

- [1] 林勇, 陈宽维, 师蔚群, 等. 超长蛋鸭笼养舍内不同区域环境参数与蛋鸭生产性能比较分析[J]. 家畜生态学报, 2016, 37(8): 31-35.
- [2] 吴艳萍. 蛋鸭无公害养殖的环境控制要点[J]. 水禽世界, 2010(1): 14-15.
- [3] 江宵兵, 林如龙, 王纪茂, 等. 不同喷淋模式对旱地圈养蛋鸭生产性能的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2016, 37(11): 205-208.
- [4] 林勇, 施振旦, 顾洪如, 等. 生物发酵床对苏邮 1 号鸭生产性能和蛋品质及肉品质性状的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2015, 51(17): 64-69.
- [5] 韦启鹏, 刘林秀, 储怡士, 等. 不同季节条件下笼养与平养蛋鸭生产性能的比较分析[J]. 中国畜牧兽医, 2014, 41(12): 137-140.
- [6] 施振旦, 麦燕隆, 赵伟. 我国鸭养殖模式及环境控制现状和展望[J]. 中国家禽, 2012, 34(9): 1-6.
- [7] 刘双印, 徐龙琴, 李道亮, 曾立华. 基于时间相似数据的支持向量机水质溶解氧在线预测[J]. 农业工程学报, 2014, 30(3): 155-162.
- [8] 徐龙琴, 陈跃霞, 张军, 刘双印, 李道亮. 基于 WA-ABC-WLSSVR 的南美白对虾工厂化育苗溶解氧预测模型[J]. 武汉大学学报(工学版), 2017, 50(4): 608-617.
- [9] 王萍, 程冰, 孙金领. 基于 ARIMA 的新城疫风险预测模型[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2016, 33(1): 68-71.
- [10] 巫伟峰, 万忠. 广东生猪价格波动研究——基于 2005-2017 年生猪价格时间序列分析[J]. 南方农村, 2018, 34(5): 21-26.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2325-2251, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sa@hanspub.org