

基于动态广义线性模型的猪场繁殖监测系统

高翔, 王欢, 秦宏宇, 肖建华, 王洪斌*

(东北农业大学兽医外科教研室, 哈尔滨 150030)

摘要: 随着标准化养殖及人工授精的普及, 胎次和授精次数已成为影响猪群繁殖的最主要因素。为了将胎次和授精次数纳入猪场的繁殖管理, 该研究设计并实现了基于动态广义线性模型的新型猪场繁殖监测系统。使用结果表明, 纳入胎次及授精次数后的监测系统运行稳定, 实现了对影响因子取值的自动更新并可以对异常繁殖情况做出警报, 误报率小于 2%。该研究不但提高了猪场繁殖信息监测的精度, 同时为进一步分析与挖掘猪场生产数据中的潜在信息, 提高利用效率提供了参考。

关键词: 监测; 模型; 动态广义线性模型; 产仔率; 胎次; 授精次数

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.20.027

中图分类号: S818.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2015)-20-0194-05

高翔, 王欢, 秦宏宇, 肖建华, 王洪斌. 基于动态广义线性模型的猪场繁殖监测系统[J]. 农业工程学报, 2015, 31(20): 194-198. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.20.027 http://www.tcsae.org

Gao Xiang, Wang Huan, Qin Hongyu, Xiao Jianhua, Wang Hongbin. Breeding surveillance system in pig farm based on dynamic generalized linear model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(20): 194-198. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.20.027 http://www.tcsae.org

0 引言

猪群繁殖是影响养猪业经济效益的一个重要因素。传统认为, 猪群的繁殖受制于多种因素, 如饲料, 环境和种公猪的精子质量等。然而, 近年来随着标准化养殖及人工授精的普及, 大量的研究证明胎次和授精次数已逐渐成为影响猪群繁殖的最主要因素, 胎次越高的母猪表现出的产仔率往往越低^[1-5]。同时, 郑胜文^[6]、韩雪蕾^[7]发现第一次授精成功的母猪有最高的产仔率, 接受授精次数越多的母猪产仔率也越低。

在过去几十年中, 管理信息系统 (manage information system, MIS) 被引入农业生产领域, 用以支持决策, 提高了生产效率^[8-10]。然而, 当前基于 MIS 的养猪场管理工具^[11-16]大多采用全体母猪产仔率的平均值用作监测的关键数据, 基于选定的静态关键语句, 不能反应胎次和授精次数对母猪繁殖性能的影响, 更不能捕捉到它们的影响作用随时间的发展。

随着数学模型的发展, 更精确的监测活动允许被执行。动态广义线性模型 (dynamic generalized linear model, DGLM) 最早由 West 和 Harrison^[17]于 1985 年提出, 因其对变化周期中的复杂动态过程也能进行很好的模拟, 一

经提出后即广泛应用于金融、医疗、市场营销等领域^[18-20]。在研究同胎产仔数的过程中, Toft 和 Jørgensen^[21]首次将相关理论引入猪场生产监测, 并最终利用 DGLM 模型排除方差变量及随机效应的影响求得了相关参数。随后, Bono 等人^[22]又进一步扩展了模型在母猪生产监测中的应用, 在猪群和个体水平分别实现了相关系数的连续自动更新。目前, 国内对 DGLM 模型应用于动物生产领域的研究尚无报道。

在前人研究的基础上, 本文的目的是使用 DGLM 模型开发一个考虑多因素并适应相关数据动态变化的猪场繁殖监测系统。系统将胎次和授精次数作为影响因子纳入其中并实现信息的自动更新。同时, 系统可以利用控制图工具对出现的异常情况给出警告。通过本文中系统的开发, 期望可以支持猪场繁殖管理决策, 降低经济损失, 为 DGLM 模型在畜牧生产其它领域的应用研究提供参考。

1 模型和方法

1.1 监测数据

由于怀孕率往往通过授精 21 d 后母猪的发情百分比或者 30 d 后的怀孕诊断间接测定, 与之相比, 产仔率是一个更可靠的指示数据。产仔率的计算通过产仔母猪的总数目除以参与授精的母猪总数目, 得到百分比值, 记作 P 。为简化计算, 引入 P 的对数转换形式 η , 有:

$$\eta = \log \frac{P}{1-P} \quad (1)$$

同时, 在模型中引入胎次与授精次数的影响因子, 记作 θ 。通过对目标猪场繁育信息历史数据的分析, 发现, 该猪场母猪群在前五个胎次产仔率不表现显著差异, 从第六个胎次开始产仔率出现明显的下滑趋势。前五个胎

收稿日期: 2015-08-06 修订日期: 2015-08-25

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2006BAD10A16-03); 哈尔滨市科技创新人才研究专项资金项目 (2007RFXN004)

作者简介: 高翔, 男, 山东济宁人, 博士研究生, 主要从事兽医信息学方面的研究。哈尔滨 东北农业大学兽医外科教研室, 150030。

Email: gam2006gx@126.com

*通信作者: 王洪斌, 男, 内蒙古赤峰人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事兽医信息学、动物麻醉和动物比较医学方面的研究。哈尔滨 东北农业大学兽医外科教研室, 150030。Email:

次下的影响因子取值为相对应的猪群产仔率均值，记作 $\theta_1 \sim \theta_5$ 。从第六个胎次开始，引入一个负斜率反应产仔率下滑的趋势，记作 θ_6 ； θ_7 则代表了授精次数对母猪繁殖性能的负向作用。使用影响因子的产仔率计算方程如下：

$$\eta_{nj} = \begin{cases} \theta_n - (j-1)\theta_7 & n \leq 5 \\ \theta_5 - (n-5)\theta_6 - (j-1)\theta_7 & n > 5 \end{cases} \quad (2)$$

式中： n 为胎次数； j 为接受授精的次数，前五个胎次下仅授精次数 θ_7 对母猪繁殖性能的影响明显，胎次的影响不明显。从第六个胎次开始随胎次的增加产仔率明显出现下降，引入负斜率 θ_6 代表由胎次引起的下降趋势。

1.2 多因素动态广义线性模型

多因素动态广义线性模型的组成包括观测方程（observation equation）和系统方程（system equation）。

观测方程包括观测变量 N 和 y ， N_t 为第 t 周时接受授精的母猪数， y_t 为 $t+17$ 周的成功产仔的母猪数（17 周为母猪的怀孕期）。观测方程将观测变量与参变量 P 联系起来，其一般形式为：

$$y_t | \theta_t \sim B(N_t, P_t) \quad (3)$$

式中： B 为二项式分布； P_t 为第 t 周时的猪群产仔率； η_t 是其对数转换形式， η_t 的取值公式为：

$$\eta_t = F_t \theta_t \quad (4)$$

式中： θ_t 为七个影响因子在第 t 周的取值，记作 $\theta_t = (\theta_{1t}, \theta_{2t}, \theta_{3t}, \theta_{4t}, \theta_{5t}, \theta_{6t}, \theta_{7t})$ 。 F_t 称作设计矩阵，其列数对应集合 θ_t 中的元素个数，行数则为胎次数 n 和授精次数 j 的乘积，取值遵循公式（2）。假设某猪群中的胎次数最大为 4，授精次数最大为 3，则 F_t 的取值为：

$$F = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -3 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -3 & -2 \end{pmatrix}$$

系统方程表达了影响因子随时间变化的过程，其一般形式为：

$$\theta_t = \theta_{t-1} + \omega_t \quad (5)$$

式中： ω_t 服从分布 $N(\underline{0}, W_t)$ ， $\underline{0}$ 为零向量。 W_t 是一个协方差矩阵，其每个元素是各个向量元素之间的协方差，这个矩阵可以使数据去相关。通过对目标猪场 15 年历史数据分析发现，影响因子 θ_{1-5} 间存在相关性， θ_6 与 θ_7 与其它影响因子均不存在相关性，故 W_t 形式如下：

$$W_t = \begin{pmatrix} W_{11} & W_{12} & W_{13} & W_{14} & W_{15} & 0 & 0 \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} & W_{24} & W_{25} & 0 & 0 \\ W_{31} & W_{32} & W_{33} & W_{34} & W_{35} & 0 & 0 \\ W_{41} & W_{42} & W_{43} & W_{44} & W_{45} & 0 & 0 \\ W_{51} & W_{52} & W_{53} & W_{54} & W_{55} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & W_{66} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & W_{77} \end{pmatrix} \quad (6)$$

式中： $W_{11} \sim W_{77}$ 的取值使用期望值最大化（EM）算法由 R 软件^[23] 计算得出，结果见表 2。

1.3 监测方法

通过公式，可以确定 η_t 的取值。然而，对于 η_t ，变量 y_{njt} 的取值仍是独立未知的。为了解决这个问题，Bono 等^[22] 提出了一个基于贝叶斯法则和泰勒展开式的更新方程（updating equation）。通过更新方程，可以得到数据集 $Y_t = (y_{11t}, \dots, y_{njt})$ 均值 μ_t 和方差 Σ_t 的预测值，令 $\underline{1} = (1, \dots, 1)$ ，则有第 $t+17$ 周的产仔母猪数的预测值 $\underline{1} \times \mu_t$ 及其方差 $\underline{1}^2 \times \Sigma_t$ 。

系统监测基于控制图法，控制图包括三个部分：中间线（central line, CL），对应目标值 a ；控制上线（upper control limit, UCL）， $UCL = a + b \times St$ ；控制下线（lower control limit, LCL）， $LCL = a - b \times St$ 。对于本研究中的系统控制图，目标值 a 取预测值 $\underline{1} \times \mu_t$ ； b 取值 2，代表了 95% 的置信空间； St 为标准差，其取值为：

$$St = \sqrt{\underline{1}^2 \Sigma_t} \quad (7)$$

将实际观测到的产仔母猪数值与控制图中的 LCL 作对比，当实际值低于控制下线时，系统给出警报。

2 结果与实现

2.1 参数估计

系统参数包括 θ_{1-7} 以及方差-协方差矩阵 W_t ， θ_{1-7} 的初值取值建立在对目标猪场过去 15 年历史数据统计分析的基础上，取其均值，结果如表 1 所示。 W_t 的取值使用 R 软件下的期望值最大化（EM）算法，经 45 000 次迭代显示收敛后得到，结果如表 2 所示。

表 1 目标猪场影响因子的 15 年历史数据及均值

Table 1 Historical data and mean of impact factor of target pig farm in last 15 years

年份 Year	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7
1	0.90	0.85	0.86	0.86	0.84	0.05	0.75
2	0.87	0.91	0.91	0.89	0.84	0.04	0.96
3	0.88	0.91	0.92	0.90	0.85	0.05	0.78
4	0.84	0.88	0.90	0.90	0.93	0.06	0.59
5	0.88	0.87	0.88	0.87	0.91	0.06	0.59
6	0.66	0.83	0.85	0.84	0.83	0.05	0.93
7	0.66	0.71	0.82	0.81	0.79	0.05	0.69
8	0.88	0.91	0.92	0.90	0.91	0.04	0.88
9	0.93	0.94	0.95	0.93	0.93	0.05	0.88
10	0.86	0.88	0.90	0.88	0.86	0.06	0.91
11	0.85	0.86	0.86	0.85	0.86	0.05	0.69
12	0.81	0.89	0.87	0.87	0.86	0.04	0.93
13	0.88	0.88	0.90	0.88	0.89	0.06	0.69
14	0.80	0.89	0.91	0.91	0.91	0.06	1.11
15	0.85	0.84	0.86	0.90	0.89	0.06	0.79
均值 Mean	0.84	0.87	0.89	0.88	0.87	0.05	0.81

注： $\theta_1 \sim \theta_5$ 为对应的各自胎次下的猪群产仔率的均值； θ_6 为胎次引起的产仔率下滑趋势负斜率； θ_7 为授精次数引起的产仔率下滑趋势负斜率

Note: $\theta_1 \sim \theta_5$ is the average of pigs' farrowing rate of their corresponding parity; θ_6 is the negative slope of farrowing rate decreasing caused by parity; θ_7 is the negative slope of farrowing rate decreasing caused by insemination number

表 2 协方差矩阵取值
Table 2 Values of covariance matrix

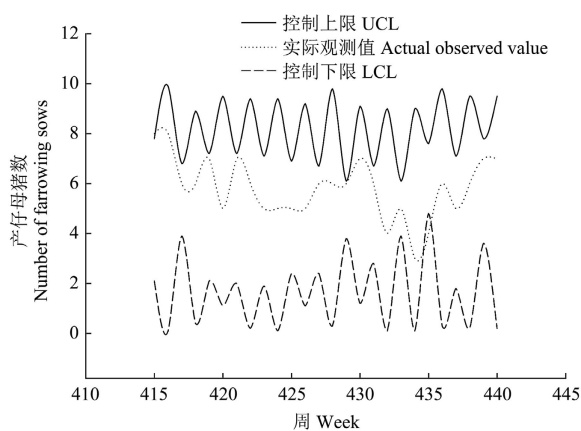
W	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7
θ_1	0.00785	0.00512	0.00462	0.00477	0.00592	0	0
θ_2	0.88	0.00431	0.00426	0.00428	0.00537	0	0
θ_3	0.79	0.97	0.00444	0.00451	0.00565	0	0
θ_4	0.78	0.95	0.99	0.00465	0.00582	0	0
θ_5	0.62	0.76	0.78	0.79	0.01168	0	0
θ_6	0	0	0	0	0	5.45e-09	0
θ_7	0	0	0	0	0	0	4.25e-13

注: W 代表协方差矩阵。

Note: W represents the covariance matrix.

2.2 系统实现

本系统为“商品猪场生产管理系统”^[24]下的繁殖信息子模块,系统基于 Visual Studio.NET 2005 开发平台,以 VB.NET 语言为基础进行开发,数据库采用 Microsoft SQL Server2000。开发完成的系统软件可在 Windows 操作系统下运行。系统设计主要考虑以下几方面的因素:①允许将胎次及授精次数纳入繁殖信息监测;②系统可以对影响因素的取值完成自动更新;③系统对猪场繁殖信息进行长期监测,对异常信息自动给出警报;④用户可随时查询任意时间段内的监测记录,并生成相对应的报告图片。系统使用的关键控制信息“参与授精的母猪数目”(N)由工作人员记录并每天进行更新,母猪的胎次信息(n)通过个体特定的标识号从中央数据库调取并由“繁殖历史”模块负责更新,授精次数(j)根据实际观测到的情况,由工作人员记录后录入系统数据库。影响因子 θ_{1-7} 由“影响因子参数”模块中的计算机语言化的系统方程模型计算并定期进行更新。系统长期对猪场的繁殖信息自动进行监测,当有异常情况时给出警报,同时工作人员也可以选择调出任意时间段内的监测信息生成图表。详细系统架构及系统界面参见文献 24,系统生成的监测图如图 1 所示。



注:图中短虚线为实际观测值,长虚线为控制下线(LCL),实线为控制上线(UCL),在435周时观测值小于控制下线,此时系统给出一个警报。

Note: The short dotted line in the figure is the observed value. The long dotted line is LCL and the solid line is UCL. In the 435th week, the observed value was less than the LCL. The system has given an alarm in the week.

图 1 监测系统生成的控制图

Fig.1 Control chart generated by monitoring system

3 讨论

在应用系统对目标猪场进行监测的过程中,发现个别年份中猪场产仔率表现明显的季节性特征,同时出现虚假警报,降低了系统监测精度并增加了猪场管理成本。整理相关研究文献^[25],考虑在数据进入监测控制图前执行一步前向滤波与后向平滑的操作。通过滤波和平滑,系统可以识别和追踪生产过程中可能存在的使数据平稳的问题并降低随机二项分布造成的差异,从而提高数据稳定性。然而,目前的滤波和平滑操作研究仅限于单因素的广义线性模型,如何将其扩展到多因素的广义线性模型是下一步研究的方向。

本文的研究中,反应胎次对产仔率降低作用的负斜率因子 θ_6 的取值非常小(0.05),出现这种现象可能归因于人工选择的作用。在长期的生产过程中,猪场管理者倾向于选择那些可复性好的母猪及其后代留作种用,而将不断将可复性差的母猪淘汰。根据 Jørgensen 和 Ali 的研究^[3],可复性好的母猪在高胎次下仍倾向于表现高的产仔率。因此,影响因子 θ_6 的取值可以作为评估猪场选育工作的一个指标。同时,监测过程中还发现,在相同胎次下,青年母猪比成年母猪表现出更低的产仔率。所有这些现象,把它们归因于一个新的影响因子,“母体因素”。为了进一步挖掘繁育数据中的隐藏信息,收集更多的数据,明确“母体因素”的作用方式,量化“母体因素”的影响因子,最终将其纳入监测模型,是以后工作的另一个重点。

4 结论

本文开发了一个动态的多因素的猪场繁育信息监测系统。基于广义线性模型,纳入胎次及授精次数影响因子,系统可以完成对猪群繁殖性能多因素的监测,影响因子的取值实现了每周自动更新。同时,利用控制图,系统可以对异常情况做出警报,误报率小于 2%。实际应用表明,应用本系统不但可以提高猪场管理效率,同时为收集、分析和利用生产数据提供了新思路。

下一步需要从提高数据监测精度的方面改进系统设计,同时纳入更多的可监控影响因子以进一步提高对猪场繁殖信息的利用水平。

[参考文献]

- [1] Hoving L L, Soede N M, Graat E A M, et al. Effect of live weight development and reproduction in first parity on reproductive performance of second parity sows[J]. Animal reproduction science, 2010, 122(1): 82—89.
- [2] Hoving L L, Soede N M, Graat E A M, et al. Reproductive performance of second parity sows: Relations with subsequent reproduction[J]. Livestock Science, 2011, 140(1): 124—130.
- [3] Tummaruk P, Tantasuparuk W, Techakumphu M, et al. Influence of repeat-service and weaning-to-first-service interval on farrowing proportion of gilts and sows[J]. Preventive veterinary medicine, 2010, 96(3): 194—200.
- [4] Tummaruk P, Sang-Gassanee K. Effect of farrowing duration,

- parity number and the type of anti-inflammatory drug on post parturient disorders in sows: a clinical study[J]. *Tropical animal health and production*, 2013, 45(4): 1071—1077.
- [5] 朱世平, 孙丽, 殷学梅, 等. 胎次对杜洛克, 长白和大白母猪繁殖性能的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2014, 41(8): 197—200.
- Zhu Shiping, Sun Li, Yin Xuemei, et al. Effects of Different Parities on the Reproductive Performance of Duroc, Landrace and Yorkshire Sows[J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2014, 41(8): 197—200. (in Chinese with English abstract)
- [6] 郑胜文. 湖南某猪场母猪繁殖性能及其影响因素的调查与分析[D]. 湖南农业大学, 2012.
- [7] 韩雪蕾, 任广志, 李改英, 等. 不同配种模式对二元母猪繁殖性能的影响[J]. *家畜生态学报*, 2014, 35(6): 42—45.
- Han Xuelei, Ren Guangzhi, Li Gaiying, et al. Influence of different mating mode on reproductive performance of dual sow[J]. *Acta Ecologiae Animalis Domastici*, 2014, 35(6): 42—45. (in Chinese with English abstract)
- [8] 邹金秋, 周清波, 杨鹏, 等. 无线传感网获取的农田数据管理系统集成与实例分析[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(2): 142—147.
- Zou Jinqiu, Zhou Qingbo, Yang Peng, et al. Integration and example analysis for farmland data management system of wireless sensor networks[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2012, 28(2): 142—147. (in Chinese with English abstract)
- [9] 王艺, 王英, 原野, 等. 基于语义本体的柑橘肥水管理决策支持系统[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(9): 93—101.
- Wang Yi, Wang Ying, Yuan Yie, et al. A decision support system for fertilization and irrigation management of citrus based on semantic ontology[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2014, 30(9): 93—101. (in Chinese with English abstract)
- [10] 高云, 何志龙, 李小昱, 等. 高通量下水稻育种网络信息管理系统[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(7): 155—162.
- Gao Yun, He Zhilong, Li Xiaoyu, et al. Research of network information management system for high-throughput rice breeding[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2014, 30(7): 155—162. (in Chinese with English abstract)
- [11] 胡金有, 张健, 赵庆聪. 猪场生产管理系统的设计与实现[J]. *农机化研究*, 2007, (3): 75—77, 80.
- Hu Jinyou, Zhang Jian, Zhao Qingchong. Design and Achieve of Production Management Information System for Pig Farm[J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2007, (3): 75—77, 80. (in Chinese with English abstract)
- [12] 陶杰, 沈长生, 吴凡. 一种中小型养猪场日常生产管理信息化系统的设计[J]. *畜牧与饲料科学*, 2009, 30(9): 120—122.
- Tao Jie, Shen Changsheng, Wu Fan. Design of An Informatization System for Daily Production Management of Middle and Small Scale Pig Farms[J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2009, 30(9): 120—122. (in Chinese with English abstract)
- [13] 郑红剑, 薛飞, 杨立新. 种猪养殖生产过程信息化管理系统研究与应用[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(14): 6658—6659.
- Zheng Jianhong, Xue Fei, Yang Lixin. Research on the informatization management system of culture and production process of breeding pigs and its application[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(14): 6658—6659. (in Chinese with English abstract)
- [14] 朱军, 麻硕士, 毕玉革, 等. 种猪数字化养殖平台的构建[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(4): 215—219.
- Zhu Jun, Ma Shuoshi, Bi Yuge, et al. Construction of digital breeding platform for breeding pig[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2010, 26(4): 215—219. (in Chinese with English abstract)
- [15] 祝胜林, 吴同山, 张守全. 种母猪群养档案管理系统研究与应用[J]. *广东农业科学*, 2010, 37(5): 208—209.
- [16] Wanlin G, Jing L, Ying X, et al. Design of information management system for pig farms[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31 (Supp.1): 230—236.
- [17] West M, Harrison P J, Migon H S. Dynamic generalized linear models and Bayesian forecasting[J]. *Journal of the American Statistical Association*, 1985, 80(389): 73—83.
- [18] Rasch models: Foundations, Recent Developments, and Applications[M]. Springer Science & Business Media, 2012.
- [19] Lundbye-Christensen S, Dethlefsen C, Gorst-Rasmussen A, et al. Examining secular trends and seasonality in count data using dynamic generalized linear modelling: a new methodological approach illustrated with hospital discharge data on myocardial infarction[J]. *European journal of epidemiology*, 2009, 24(5): 225—230.
- [20] Deistler M, Anderson B D O, Filler A, et al. Generalized linear dynamic factor models: An approach via singular autoregressions[J]. *European Journal of Control*, 2010, 16(3): 211—224.
- [21] Toft N, Jørgensen E. Estimation of farm specific parameters in a longitudinal model for litter size with variance components and random dropout [J]. *Livestock Production Science*, 2002, 77(2): 175—185.
- [22] Bono C, Cornou C, Kristensen A R. Dynamic production monitoring in pig herds I: Modeling and monitoring litter size at herd and sow level[J]. *Livestock Science*, 2012, 149(3): 289—300.
- [23] R Core Team. R: A language and environment for statistical computing [M]. Vienna: The R Foundation, 2012.
- [24] 栾培贤, 王洪斌, 肖建华, 等. 基于 C/S 结构商品猪场生产管理系统构建[J]. *东北农业大学学报*, 2011, 42(11): 103—108.
- Luan Peixian, Wang Hongbin, Xiao Jianhua, et al. Construction of commercial pig farm production management system based on C/S structure[J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2011, 11(11): 103—107. (in Chinese with English abstract)
- [25] Cornou C, Østergaard S, Ancker M L, et al. Dynamic monitoring of reproduction records for dairy cattle[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2014, 109(11): 191—194.

Breeding surveillance system in pig farm based on dynamic generalized linear model

Gao Xiang, Wang Huan, Qin Hongyu, Xiao Jianhua, Wang Hongbin*

(College of Veterinary Surgery, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: With the popularity of standardized breeding and artificial insemination, fetal time and insemination number have become the main factors influencing the reproduction of swine herd. In the foregoing methods, a simple average of the conception rate has been used for the monitoring of breeding, which is not precise because it is highly dependent on the age structure and other influence factors of the herd. An appropriate monitoring system for breeding must be adjusted for these systematic effects, being in a position to capture correlations between fetal time and insemination number, and developing over time. In order to improve the accuracy of the fetal time and insemination number monitoring in pig breeding, this paper developed and implemented a new breeding surveillance system in pig farm based on the dynamic generalized linear model. The dynamic generalized linear model is suitable for statistical data in accordance with the binomial distribution. It includes an observation equation and a system equation. The observation equation associates observation variables and parameters, and the system equation indicates the change process of impact factor over time. The key observation used throughout the system is “farrowing rate”. Since “conception rate” has to be measured indirectly through the percentage of sows that return to oestrus 21 days after service, or based on pregnancy diagnosis at about 30 days post-service. The farrowing rate is a more reliable numeric indicator of the successful conception, and it is defined as the total number of sows farrowing divided by the total number of sows mating, and expressed as a percentage. Through the analysis of historical data of the target pig farm, we found that there are no significant differences in farrowing rate during the first 5 parities of sows. From the sixth parity, farrowing rate shows a significant downward trend. We made a negative slope on behalf of this downward tendency in farrowing rate. Besides, there is a kind of data representing the destructive effect of insemination number on reproductive performance. Based on the statistics of historical data of target pig farm, we achieved automatically updating of the impact factors’ values using the system equation. The results of the dynamic generalized linear model are monitored using control charts inspired by Shewhart. A control chart is composed of 3 elements: a central line (CL), corresponding to a target value; an upper control limit (UCL) and a lower control limit (LCL). With the updating equation developed by Bono based on Bayes rule and Taylor expansion, we got the values of CL, UCL and LCL. The control limits were drawn using a 95% confidence interval built on the forecast variance. The monitoring method is a weekly control of the number of observed events (observed farrowing sows) compared to the LCL. An alarm is triggered when observed events are below the LCL. Workers in pig farm can choose any time range and the monitoring information to create the chart. The result of practical application shows that the system runs stably and its rate of false positives is lower than 2%. The study not only increases the accuracy of the pig breeding information monitoring, but also provides reference for the further analysis of potential information in pig production data. Suggestions for future improvements are adding the steps of forward filtering and backwards smoothing and the inclusion of a “sow effect” in the farrowing model.

Key words: monitor; models; DGLM; farrowing rate; parity; insemination number