

·信息研究·

高致病性禽流感发生风险评估模型的建立

蓝泳铄¹, 宋世斌²

(中山大学 1.数学与计算科学学院; 2.岭南学院, 广东 广州 510275)

摘要:【目的】对高致病性禽流感发生的风险进行评估,为该病制定科学有效的控制策略提供理论依据。【方法】首先,通过对已发生的高致病性禽流感相关资料的分析,结合已有的研究成果,确定高致病性禽流感发生的风险因素;然后通过改进现有对高致病性禽流感发生的风险评估方法——层次分析法,利用改进后的模糊层次分析法确定风险因素的权重;最后应用多指标综合评分法计算出风险概率,建立高致病性禽流感发生风险评估模型。【结果】将该模型对2008年春季我国各省份禽流感疫情发生情况的风险预警评估结果与今春实际情况进行对照检验,发现除了贵州省外,其它三个疫情发生省份在该模型的预警结果中都为高风险省份。【结论】该风险评估模型具有可行性和推广性,为各地在不同季节对高致病性禽流感的免疫预防工作提供一些参考建议。

关键词: 高致病性禽流感; 风险因素; 模糊层次分析法; 多指标综合评分法

中图分类号:R181.2 文献标识码:A 文章编号:1672-3554(2008)05-0615-05

Establishment of a Risk Assessment Model for Analysis of Spread of Highly Pathogenic Avian Influenza

LAN Yong-shuo¹, SONG Shi-bin²

(1. School of Mathematics & Computational Science, 2. Lingnan College, SUN Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: 【Objective】 To assess the risk of the highly pathogenic avian influenza in China and provide theoretical basis for developing scientific and effective control strategies of the disease. 【Methods】 Firstly, the risk factors of the highly pathogenic avian influenza were constructed by analyzing the epidemic data and referring to the existing research results. Secondly, a fuzzy analytical hierarchy process (FAHP) improved from analytical hierarchy process (AHP) was used to weigh risk factors. Finally a multi-index integrated assessment method was used to compute the probability of risk and establish the risk assessment model. 【Result】 Results of predicting the spread of this disease in China in the springtime of 2008 by the risk assessment model was compared with real data, and it was found that except Guizhou Province, the other three provinces where this disease actually happened was predicted as highly risky. 【Conclusion】 The risk assessment model established is feasible and can be generalized. It can be used to make some suggestions of immune prevention for any place in different seasons.

Key words: highly pathogenic avian influenza; risk factor; fuzzy analytical hierarchy process; multi-index integrated assessment method

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci), 2008, 29(5):615-619]

回顾过去几年,高致病性禽流感在我国不同地区频繁暴发,其防控形势非常严峻。因此,将环境、生态、社会和文化等方面的各种相关因素综合,进行高致病性禽流感风险评估,意义重大。近

年来,风险评估在动物医学领域中,比如口蹄疫、蓝舌病、牛海绵状脑病^[1]等流行病的监测中越来越引起大家的关注。在我国卫生检疫工作中,风险评估和危险度评价也逐渐成为预防控制传染病的

收稿日期:2008-03-19

作者简介:蓝泳铄(1984-),男,广东潮州人,在读硕士生,概率论与数理统计专业, E-mail: yosh_lan@163.com

一种重要科学依据^[2-4]。而现阶段针对我国高致病性禽流感的预防工作,中国农业科学院哈尔滨兽医研究所动物疫病诊断与流行病学研究中心的研究人员已经初步建立了高致病性禽流感发生风险的定量评估框架^[5],但是其所采用的方法——层次分析法,具有判断矩阵构造主观性强和一致性不易检验等缺点^[6],因此本研究在层次分析法中引入非结构性决策模糊集分析单元系统理论^[7]进行改进,建立了高致病性禽流感发生的风险评估模型。作为模型的应用,本文对 2008 年春季全国各省份的禽流感疫情发生情况进行了风险预警评估,并将评估结果与今春的实际情况进行对

照检验。

1 材料和方法

1.1 高致病性禽流感发生风险评估指标体系

全面合理的评估指标体系是保证评估结果科学准确的前提。本文通过搜集、整理相关的流行病学资料,结合我国实际情况以及现有对高致病性禽流感发生风险指标的研究^[8-10],建立了由目标层 A、准则层 B 和指标层 C 组成的高致病性禽流感发生风险评估指标体系(图 1),其中包括准则层 7 项风险因素($B_1 \sim B_7$)和指标层 22 项风险因素 C_{ij} 。

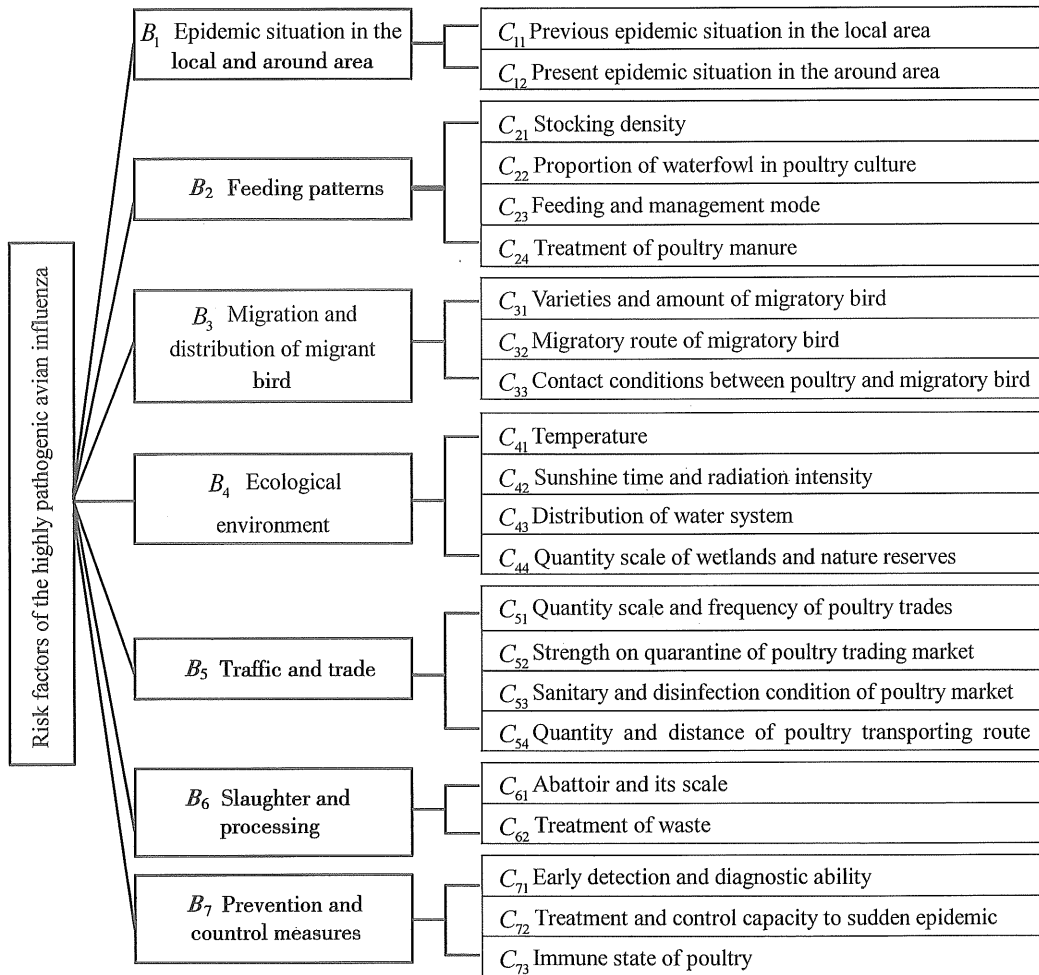


图 1 高致病性禽流感发生风险评估指标体系

Fig.1 The index system for evaluating risks of highly pathogenic avian influenza

1.2 高致病性禽流感发生风险评估指标权重的确定

由于我国不同地区在地理环境、饲养模式、经

济条件等因素上存在着差异,因此风险评估指标在不同地区的相对重要性也是有差异的。本文根据这些差异将我国省份分成三个区域:中国南方,

包括江苏省、安徽省、广东省、福建省、湖北省、湖南省、浙江省、江西省、海南省、台湾省、广西壮族自治区;中国北方,包括山西省、辽宁省、河北省、河南省、山东省、吉林省、黑龙江省、内蒙古自治区;中国西部,包括贵州省、陕西省、四川省、云南省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、西藏自治区、新疆维吾尔自治区。分别对这三个区域建立高致病性禽流感发生风险评估模型,下面将以中国南方为例确定其风险指标的权重。

根据系统模糊优选理论^[11],结合现有对禽流感风险指标重要性的相关研究^[8-10]以及中国南方的实际情况,对指标层的风险因素进行重要性排序,因素 C_{11} 与因素 C_{12} 就准则层 B_1 而言,认为 C_{12} 要比 C_{11} 重要,由此得到指标集的重要性二元对比矩阵为:

$$E_1 = \begin{matrix} & C_{11} & C_{12} & \text{行和} & \text{排序} \\ \begin{matrix} C_{11} \\ C_{12} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.5 & 0 \\ 1 & 0.5 \end{bmatrix} & & \begin{matrix} 0.5 \\ 1.5 \end{matrix} & \begin{matrix} \textcircled{2} \\ \textcircled{1} \end{matrix} \end{matrix}$$

可以看出指标集 C_{11} 至 C_{12} 关于准则层的重要性排序为 $\textcircled{2}$ 、 $\textcircled{1}$,对矩阵建立语气算子与定量标度之间的对应关系^[12],按照比较熟悉的语言习惯,在定量标度 0.5 与 1 之间,以线性增值 0.05,插入 9 个定量标度值。排序为 $\textcircled{1}$ 的 C_{12} 与 C_{11} 相比“较为”重要,于是可得到准则层 B_1 的相对隶属度向量: $r_1=(r_{c11}, r_{c12})=(0.538, 1)$, 归一化后可得到因素 C_{11} 和 C_{12} 相对准则层的权重向量: $w_1=(w_{c11}, w_{c12})=(0.350, 0.650)$ 。

同理经过对比分析也可以得到指标层其它因素 C_{ij} 相对其准则层 B_i 的权重向量 w_i , 以及准则层因素 B_1 至 B_7 相对目标层 A 的权重向量 $w=(w_{B1}, w_{B2}, w_{B3}, w_{B4}, w_{B5}, w_{B6}, w_{B7})$ 。从而得到指标层 C 的各个风险因素 C_{ij} , 相对于目标层 A , 的组合权重: $w_{ij}=w_{Cij} \cdot w_{Bi}$, 其中 w_{Cij} 是指标 C_{ij} 相对于准则层因素 B_i 的权重, w_{Bi} 是准则层因素 B_i 相对于目标层 A 的权重, 计算结果如表 1 所示。

1.3 多指标综合评分方法

高致病性禽流感发生风险评估的本质是一个定量分析的过程,即用数字去反映可能发生禽流感的概率,因此需要对风险指标进行分级量化,分为高风险、较高风险、中度风险、较低风险与低风险 5 个风险等级,每级分别赋值为 1, 0.7, 0.4, 0.2 和 0。

比如养殖密度(C_{21}),若养殖密度 $\geq 5\ 000$ 只/

表 1 中国南方地区的风险指标组合权重

Table 1 Combined weights of risk factors in South China

Index layer	$w_{C,B}$	Combined weights
C_{11}	0.350	0.100
C_{12}	0.650	0.187
C_{21}	0.308	0.048
C_{22}	0.115	0.018
C_{23}	0.461	0.072
C_{24}	0.115	0.018
C_{31}	0.477	0.059
C_{32}	0.318	0.039
C_{33}	0.205	0.025
C_{41}	0.197	0.006
C_{42}	0.037	0.001
C_{43}	0.459	0.015
C_{44}	0.306	0.010
C_{51}	0.306	0.029
C_{52}	0.197	0.019
C_{53}	0.459	0.044
C_{54}	0.037	0.004
C_{61}	0.650	0.047
C_{62}	0.350	0.025
C_{71}	0.318	0.075
C_{72}	0.205	0.048
C_{73}	0.477	0.112

Weight vector of $B_1 \sim B_7$ over target A: ($B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7$)

km^2 , 则为高风险;若 $4\ 000$ 只/ $\text{km}^2 \leq$ 养殖密度 $< 5\ 000$ 只/ km^2 , 则为较高风险;若 $1\ 000$ 只/ $\text{km}^2 \leq$ 养殖密度 $< 4\ 000$ 只/ km^2 , 则为中度风险;若 500 只/ $\text{km}^2 \leq$ 养殖密度 $< 1\ 000$ 只/ km^2 , 则为较低风险;若养殖密度 500 只/ km^2 , 则为低风险。又如养禽地区以前疫情(C_{11}),若以前发生过禽流感疫情,疫点数量 ≥ 5 或发病禽只数量 $\geq 5\ 000$ 只,则为高风险;若 $3 \leq$ 疫点数量 < 5 或 $3\ 000$ 只 \leq 发病禽只数量 $< 5\ 000$ 只,则为较高风险;若疫点数量 < 3 或发病禽只数量 $< 3\ 000$ 只,则为中度风险;若发生过疑似疫情,则为较低风险;若未发生疫情,则为低风险^[9]。

多指标综合评分方法^[13]就是将这些量化处理的指标分值进行加权平均,得到风险评价的总分值,综合评价函数为: $Y = \sum_{i,j} w_{ij} x_{ij}$, Y 是高致病性禽流感发生风险的概率; x_{ij} 是指标层 C 各个风险因素 C_{ij} 赋值结果(经评估分级后的分值); w_{ij} 是指标层

C 各个风险因素 C_{ij} 相对于目标层 A 的组合权重。

2 结 果

2.1 全国三个区域高致病性禽流感发生风险评

估模型

按照中国南方风险评估模型建立的方法,同样可以对北方和西部两个区域建立高致病性禽流感发生风险评估模型,三个区域的风险指标权重如表 2 所示。

表 2 中国南方、北方、西部三个地区风险指标权重
Table 2 Weights of risk factors in South, North and West China

Weights	C_{11}	C_{12}	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{41}	C_{42}
South	0.100	0.187	0.048	0.018	0.072	0.018	0.059	0.039	0.025	0.006	0.001
North	0.153	0.082	0.047	0.006	0.071	0.031	0.029	0.029	0.014	0.010	0.015
West	0.054	0.101	0.019	0.004	0.044	0.029	0.091	0.137	0.059	0.038	0.056
	C_{43}	C_{44}	C_{51}	C_{52}	C_{53}	C_{54}	C_{61}	C_{62}	C_{71}	C_{72}	C_{73}
South	0.015	0.010	0.029	0.019	0.044	0.004	0.047	0.025	0.075	0.048	0.112
North	0.001	0.006	0.038	0.024	0.056	0.005	0.062	0.034	0.091	0.059	0.137
West	0.024	0.005	0.003	0.033	0.022	0.014	0.016	0.016	0.075	0.048	0.112

根据风险指标权重表,可以将各个指标按权重划分出风险等级,若 $0.10 \leq w_{ij} < 0.20$,则为高危风险;若 $0.05 \leq w_{ij} < 0.10$,则为高风险;若 $0.01 \leq w_{ij} < 0.05$,则为中度风险;若 $w_{ij} < 0.01$,则为低风险。因此,由表 2 可以看出,在中国南方, C_{12} (周边地区内目前的疫情)、 C_{73} (家禽高致病性禽流感免疫情况)以及 C_{11} (养禽地区以前疫情)是高致病性禽流感发生的高危风险因素;在北方, C_{11} 和 C_{73} 也是高致病性禽流感发生的高危风险因素;在西部,除了 C_{73} 和 C_{12} 外, C_{32} (候鸟的迁徙路线)也是高致病性禽流感发生的高危风险因素。事实上,由于病毒在家禽之间的传播速度非常快,所以当周边地区目前发生禽流感疫情时,本地发生禽流感的风险也非常大,应该及时做好免疫措施;而养禽地区以前发生疫情则证明了该地区存在很大的卫生安全隐患;同样,目前那些禽流感高发地区都是因为没有及时对家禽接种疫苗,免疫力度不够,这才导致了禽流感的频繁发生;而在中国西部,由于这里是候鸟的主要迁徙路线,因此加剧了禽流感病毒的传播。

2.2 全国各省份 2008 年春季禽流感疫情发生的风险预警评估

通过查找《中国农业年鉴 2007》、《禽流感防治专题数据库》、《防治禽流感世界专利数据库》以及中国农业信息网的相关资料,包括地区的疫情、养殖、卫生、免疫情况以及地理位置、生态环境等资料,对于少量缺失数据则通过咨询当地农业部门取

得。根据风险指标的量化标准,可以得到我国各省份的风险指标量化数据,再分别套用所在区域的风险评估模型,比如广东省使用的是南方的评估模型,西藏自治区使用的是西部的评估模型,按照多指标综合评分方法计算出全国各省份 2008 年春季禽流感疫情发生的风险概率 Y ,最后按概率划分出风险等级,若 $0.60 \leq Y < 1.00$,则为高风险省份;若 $0.30 \leq Y < 0.60$,则为中度风险省份;若 $0.00 \leq Y < 0.30$,则为低风险省份。在地图上,用深灰度标志高风险省份,用中灰度标志中度风险省份,用浅灰度标志低风险省份,得到了 2008 年春季全国各省份禽流感疫情发生的风险预警评估图(图 2)。

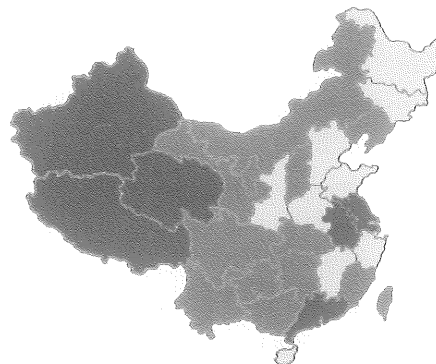


图 2 2008 年春季全国各省份禽流感疫情发生的风险预警评估图

Fig.2 Risk assessment warning for the spread of highly pathogenic avian influenza in each province of China in the springtime of 2008

Is land with a small quantity of no resident was not shown in the figure

由图2可知,全国大部分省份属于中度风险以上,其中江苏省、安徽省、广东省、青海省、西藏自治区以及新疆维吾尔自治区是属于高风险省份,这是由于这些地区在目前禽流感疫情、交通贸易、免疫措施以及地理位置等因素上存在着巨大的风险。因此,综合分析当前国内外疫情形势,2008年春季我国局部地区发生禽流感疫情的可能性很大,尤其是这6个高风险省份,防控形势不容乐观。

3 讨论

禽流行动物模型的研究已有一些^[14],数学模型较少,因此,我们建立了该模型。根据中国农业信息网公布的我国2008年春季禽流感疫情发生情况(新疆1起、西藏3起、贵州省1起、广东省1起),可以发现在本文的预警评估结果中,除了贵州省属于中度风险外,其它三个省份都属于高风险省份,这说明了该评估模型在实际应用中的准确性。而且该模型不仅仅局限于对我国2008年春季禽流感疫情发生情况的风险评估,它也可以具体应用到未来某个季节里在某个城市、某个区域禽流感疫情发生情况的风险评估,因此具有推广意义。

模型中用到模糊层次分析法(FAHP)计算指标权重可以在Excel里实现程序化,只要在Excel界面里输入一组指标的重要性定性排序,执行宏命令,就可以运行出一个重要性的二元对比矩阵以及这一组指标的权重,因此在运用上并不繁琐,具有可行性。

本文建立的高致病性禽流感发生风险评估模型,是在数据信息量相对较少且定量与定性数据并存的情况下,通过改进层次分析法,使用模糊层次分析法确定指标权重,最后对各项指标作量化等级处理,采用多指标综合评分法得出直观的评价结果。作为模型的应用,本文结合当前中国国情与现状,对2008年春季我国各省份的禽流感疫情发生情况进行了风险预警评估。根据评估结果,本文建议在今年春季的禽流感防控工作中应做好以下几项工作:一是加大免疫工作力度,二是加强疫

情监测报告,三是加强活禽贸易、经营市场的检疫监管,四是加强动物防疫监督检查力度,五是强化应急防控机制。

参考文献:

- [1] Schudel AA, Carrillo BJ, Weber EL. Risk assessment and surveillance for bovine spongiform encephalopathy (BSE) in Argentina [J]. *Prev Vet Med*, 1996, 25(3-4): 271-284.
- [2] 肖庆昕. 出入境卫生检疫风险分析方法初探[J]. *口岸卫生控制*, 2003, 8(5): 2-11.
- [3] John DG. 危险度评价在流行病学中的地位日益重要[J]. *中华流行病学杂志*, 1997, 18(6): 356-358.
- [4] 陆永昌,张家祝,张明江. 虫媒传染病风险评估指标体系的建立[J]. *中国国境卫生检疫杂志*, 2003, 12(26): 28-30.
- [5] 李静,王靖飞,吴春艳,等. 高致病性禽流感发生风险评估框架的建立[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(10): 2114-2117.
- [6] 张吉军. 模糊层次分析法(FAHP)[J]. *模糊系统与数学*, 2000, 14(2): 80-88.
- [7] 陈守煜. 工程模糊集理论与应用[M]. 北京:国防工业出版社, 1998: 24-35.
- [8] 崔尚金,王靖飞,吴春燕,等. 高致病性禽流感时空分布规律研究——传播的风险评估框架的初步建立[J]. *中国禽业导刊*, 2006, 22(20): 18-19.
- [9] 孙菊英,吕钢进,宋雪花,等. 高致病性禽流感风险预警评估体系研究[J]. *中国家禽*, 2006, 28(12): 23-25.
- [10] 屠春雨,方益荣,傅利军,等. 绍兴市正在出现的传染病风险评估[J]. *中国预防医学杂志*, 2008, 9(1): 13-16.
- [11] 黎坤,陈晓宏,江涛,等. 多目标系统模糊优选理论在城市饮用水源地选址中的应用[J]. *中山大学学报:自然科学版*, 2005, 44(4): 120-123.
- [12] 陈守煜,韩晓军. 模糊集决策单元系统理论及其在黄河置换水量分配中应用[J]. *大连理工大学学报*, 2006, 46(1): 98-102.
- [13] 比晓丽,洪伟. 生态环境综合评价方法的研究进展[J]. *农业系统科学与综合研究*, 2001, 17(2): 122-124.
- [14] 蓝泳铄,宋世斌. 高致病性禽流感发生风险评估模型的建立[J]. *中山大学学报:医学科学版*, 2008, 29(4S): 9-11.

(编辑 刘清海)