

基于 AHP 和云模型的中蜂囊状幼虫病风险评估方法研究

孟天祥¹, 张友华^{1*}, 余林生², 李耘³, 王庆人¹, 刘萍¹

(1. 安徽农业大学信息与计算机学院, 合肥 230036; 2. 安徽农业大学动物科技学院, 合肥 230036;

3. 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 北京 100081)

摘要: 风险评估是降低蜜蜂病害发病率, 促进蜂产业发展的有效途径。以中蜂囊状幼虫病为研究对象, 提出一种基于 AHP 和云模型的风险评估方法。该方法在参照专家知识的基础上, 通过因子计算得出指标权重, 再将目标对象病情态势描述与黄金分割法生成的标尺云进行语义匹配, 获得态势隶属度矩阵, 把指标权重带入矩阵进行归一化处理, 最终形成目标对象的综合评估云, 实现定性、定量相结合的病势风险评估。实验结果表明, 该方法所得结果符合蜂学领域的实际情况, 能够有效地对中蜂囊状幼虫病进行评估, 为进一步病害预防奠定基础。

关键词: 中蜂囊状幼虫病; 风险评估; AHP; 云模型

中图分类号: S895.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2013)03-0434-04

Risk assessment for Chinese bee metacercariae disease based on AHP and cloud model

MENG Tian-xiang¹, ZHANG You-hua¹, YU Lin-sheng², LI Yun³, WANG Qin-ren¹, LIU Ping¹

(1. School of Information and Computer, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. School of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

3. Institute of Quality Standard and Testing Technology for Agro-products, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081)

Abstract: The risk assessment is an effective way to reduce bee disease incidence, and promote the development of bee industry. In this paper, we present a hybrid assessment method of AHP and cloud model for Chinese bee metacercariae disease. On the based of experts' knowledge, the index weight factor could be got through factor calculation, and scale cloud could be obtained by golden section method. The bee region's qualitative description was then matched with scale cloud to generate the membership degree matrix, and finally the comprehensive evaluation cloud was achieved according to matrix normalization with the weight factor, to realize the qualitative and quantitative evaluation of Chinese bee metacercariae. The experiment results conform to the reality of bee knowledge. The method is a reasonable and efficient scheme for determining the disease severity, which lays a foundation for further prevention of disease.

Key words: Chinese bee metacercariae; risk assessment; AHP; cloud model

中蜂囊状幼虫病作为一种主要的中蜂病害^[1], 有感染周期长、危害程度高的特点, 严重影响着中蜂的可持续发展, 合理的风险评估是防治中囊病的一项重要工作, 也是促进产业高效发展的有力保障。

目前, 蜂学领域的多数研究学者进行着风险评估的探索, 福建农林大学陈颖等基于欧氏距离方法构建刺桐姬小蜂适生区预测模型^[2], 西南林业大学刘建宏等利用遗传算法构建滇柏大痣小蜂的评价模型^[3]。然而, 常用的评估方法多以定量计算为主,

在实际应用中难以兼顾模糊性和随机性。

针对病害评估具有不确定性的特点, 作者提出一种基于 AHP 和云模型的风险评估方法。该方法在专家知识的基础上得出评估指标集和目标对象病情态势描述, 通过 AHP 法对指标判断矩阵进行计算得出权重因子, 利用黄金分割法^[4]进行指标概念取值的集结, 形成云滴通过云发生器生成标尺云, 最终将目标对象的态势描述匹配标尺云得出隶属度矩阵, 融合指标权重因子进行加权归一化处理, 形成

收稿日期: 2012-05-17

基金项目: 安徽省科技攻关项目 (12010302079) 和现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS_45_KXJ9) 共同资助。

作者简介: 孟天祥, 男, 硕士研究生。

* 通信作者: 张友华, 男, 教授。E-mail: zhangyh@ahau.edu.cn

综合评估云, 从而依据云图推断结果。

1 材料与方 法

1.1 AHP 法

AHP 法 (analytic hierarchy process 层次分析法) [5] 将复杂问题分解成多个组成因素, 形成一个多目标、多层次、有序的逐阶层次结构模型, 然后采用相对标度进行两两比较确定层次中诸要素的相对重要性, 对这些元素的整体权重进行排序判断, 最后确立各元素的权重。整个过程体现了人类决策思维的基本特征, 即分解、判断和综合。

一个复杂系统有必要进行群组决策, 将人们对问题判断的思维结果与定量因素统一处理, 针对同一准则获得多个判断矩阵, 把各个判断矩阵所对应的排序向量予以组合得到综合排序向量, 使结果更有说服力。

1.2 云模型

云模型 (cloud model) [6] 是语言描述的定性概念与其数值表示之间的不确定性转换模型, 反应自然语言中概念的模糊性和随机性。云由许许多多云滴组成, 云滴则是对定性概念的定量描述, 其产生过程表示定性概念和定量值之间的不确定性映射。云利用期望、熵、超熵 3 个数字特征来表征。

期望 $E_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, x_i 为专家评估分值; 表示云滴

在评价集空间中分布的期望, 是云重心对应的 x 值, 也是最能够代表定性概念的点;

熵 $E_n = \sqrt{\frac{\pi}{2} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - E_x|}$: 表示定性概念的不确定度;

超熵 $H_c = \sqrt{S^2 - E_n^2}$: 它是熵的熵, 表示云滴的凝聚程度, 其中方差 $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2$ 。

正向云发生器是从定性到定量的映射, 将定性概念通过不确定性转换定量地表示出来; 逆向云发生器是从定量到定性的映射, 将一定数量的精确数据转换为若干云滴, 组成一维正态云, 得出定性概念的 3 个数字特征, 确定云参数 [7-8]。

2 基于 AHP 和云模型的风险评估方法

本文提出一种基于 AHP 和云模型的风险评估方法, 利用 AHP 方法得到评估指标集的权重因子, 并通过云模型的正向云发生器将描述病害的定性知识转化为定量知识进行处理, 实现中囊病的风险评估。具体方法如下:

步骤 1 通过专家群体决策、反馈交互、信息修正等环节, 使大量分散的指标逐次收敛在协调一致

的结果集上, 形成评估指标集及其概念取值区间。

步骤 2 采用 1~9 比例标度法对指标的相对重要性进行比较和赋值, 得到 m 个指标间的判断矩阵 $C=(c_{ij})_{m \times m}$ 。

步骤 3 求归一化判断矩阵 $C^*=(c^*_{ij})_{m \times m}$ 。其中:

$$c^*_{ij} = c_{ij} / \sum_{k=1}^m c_{kj} \quad (i=1,2,\dots,m)$$

步骤 4 C^* 按行求和, 得向量 $w=(w_1, w_2, \dots, w_m)^T$ 。

步骤 5 向量 w 进行归一化, 得到 m 个指标各自的权重。

步骤 6 针对病害的 5 个程度等级 (重度、偏重、中度、偏轻、轻度), 专家对各个指标下的所有概念取值进行独立重复评估。

步骤 7 利用黄金分割法对于语言评估信息进行集结, 得出对应各个程度等级的数字特征, 构成多组云滴, 形成不确定性转换的映射元。

步骤 8 利用正向云发生器生成概念对应 5 个程度等级的云图, 形成此概念取值的隶属云, 即标尺云。同理可得不同指标不同概念取值的标尺云。

步骤 9 在评估指标集的基础上, 通过专家评估得出目标对象的态势描述。

步骤 10 从态势描述中提取单个指标的概念取值与标尺云匹配, 得出对应于 5 个程度级数的数学期望值作为此指标的隶属度。同理匹配出 n 个指标的隶属度向量集, 构成 $n \times 5$ 阶的程度矩阵。

步骤 11 程度矩阵每列进行加权求和, 使 5 列元素归一化为全等级行向量, 其元素为评估目标的数学期望。熵和超熵的计算方法与之相同。多维全等级向量构成融合所有指标信息的全等级数字特征矩阵, 分别对应 5 个程度等级, 利用正向云发生器产生目标对象的综合评估云。

步骤 12 独立目标评估时, 程度结果由 5 个程度等级中期望值最大的一朵综合评估云所对应的概念隶属度确定。多个目标对象的染病程度判断, 只需比较各自程度等级为重度时的综合评估云。目标对象之间期望值相等或者相近时, 可以优选熵和超熵较小的云作为判断依据。若熵和超熵较大, 表明在评估过程中, 专家对于本目标对象非共识度较大, 则可以进行二次评估以得到较为合理的评估结果。

3 实例分析

实验数据: 采样时间为 2012 年 3 月, 采样地点为合肥、扬州、广州、福州 4 个养蜂区域, 结合蜂产业技术体系岗位科学家和试验站站长专家组领域知识, 首先通过本文提出的评估方法步骤 1 形成中囊病的评估指标集及其概念取值区间, 如表 1 所示。

表 1 指标及概念取值
Table 1 Indexes and concepts

指标 Index	概念取值 Concept
蜂群群势(尤其越冬后群势) Bee colony	<1 脾, 1~2 脾, 2 脾以上
蜂脾关系(紧松程度) Splens of bee	蜂少于脾, 蜂脾相称, 蜂多于脾
蜂群中蜂子比(哺育负担) Brood ratio	哺育蜂不足, 哺育蜂充足
蜂巢(巢脾年限、换脾次数) Hive	>1 年的旧脾, 1 年以内的新脾
蜂种(蜂种抗病性、蜂王质量) Bee species	体小、产卵量低、抗逆性弱, 体大、产卵量高、抗逆性强
蜂场卫生消毒措施 Disinfection measures	从不消毒, 1 年消毒 1 次, 1 年消毒 1 次以上
春繁时间(早繁) Spring propagation	外界无蜜粉源时人工促进繁殖, 外界有蜜粉源时开始繁殖
饲料(食物) Feed	不充足, 充足
气候环境[蜂场朝向、温度(越冬保温)、湿度、通风透气、光线] Climatic environment	低洼阴湿, 通风不良, 高燥通风, 背风向阳
蜜粉源条件(尤其春繁初期) Nectar	丰富, 稀少
疫区(新病区、老病区、引种、爆发间隔年数) Epidemic area	是, 否
春繁初期幼虫体内病原量 Pathogen of larvae	潜伏, 发病, 流行
春繁初期成年蜂体内病原量 Pathogen of adult bee	潜伏, 发病, 流行

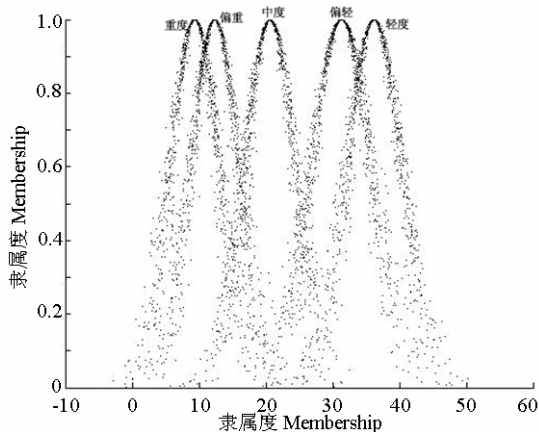


图 1 蜂群群势<1 脾的标尺云

Figure 1 The scale cloud of group less than one

经过评估方法步骤 2 到步骤 5 的计算, 得出指

标权重因子: [0.0767, 0.0489, 0.0874, 0.0644, 0.1547, 0.0710, 0.0322, 0.0540, 0.0572, 0.0769, 0.1088, 0.0756, 0.0922]; 以“蜂群群势”指标为例, 取其<1 脾, 经过步骤 6~8 得出其标尺云, 如图 1 所示。

专家对于养蜂区域的态势描述, 例如: 蜂群群势在 2 脾以上, 蜂脾相称, 哺育蜂充足等, 经过步骤 10~11 得出综合评估云的数字特征, 如表 2 所示。

由图 2 可知, 广州区域程度等级为严重的期望相对较高, 说明该区域较容易感染中囊病, 建议作为重点预防对象。扬州和福州区域程度等级为严重的期望值相近, 而福州区域程度等级为偏重的期望值较扬州区域大, 则 4 个区域按照严重程度排序为: 广州>福州>扬州>合肥。

表 2 数字特征综合
Table 2 The comprehensive digital characteristics

区域 Area	项目 Item	重度 Serious	偏重 Lopsidedness	中度 Moderate	偏轻 Light	轻度 Slight
合肥 Hefei	期望 Expected value	8.06	16.25	22.56	39.12	12.35
	熵 Entropy	2.81	2.61	2.42	2.51	2.45
	超熵 Hyper entropy	0.53	0.49	0.44	0.49	0.51
扬州 Yang zhou	期望 Expected value	24.03	17.65	25.36	12.4	8.91
	熵 Entropy	6.18	5.61	4.41	4.24	4.84
	超熵 Hyper entropy	0.65	0.58	0.51	0.55	0.59
广州 Guang zhou	期望 Expected value	43.56	20.12	18.3	16.12	11.01
	熵 Entropy	3.23	2.65	2.54	2.61	2.21
	超熵 Hyper entropy	0.51	0.59	0.56	0.55	0.51
福州 Fuzhou	期望 Expected value	28.21	24.86	19.96	15.59	9.21
	熵 Entropy	5.79	5.45	4.54	4.61	4.19
	超熵 Hyper entropy	0.66	0.49	0.46	0.49	0.47

扬州和福州区域的熵值较大, 说明离散程度较大, 随机性也就较大, 表明在评估过程中, 专家组对于这 2 个养蜂区域的共识程度较低, 故针对这 2 个区域进行二次评估, 得出重度等级的期望分别为 26.13 和 25.37, 熵和超熵分别小于 3.20 和 0.50, 如图 3 所示。最终评估结果确定为: 广州>扬州>福州>合肥。

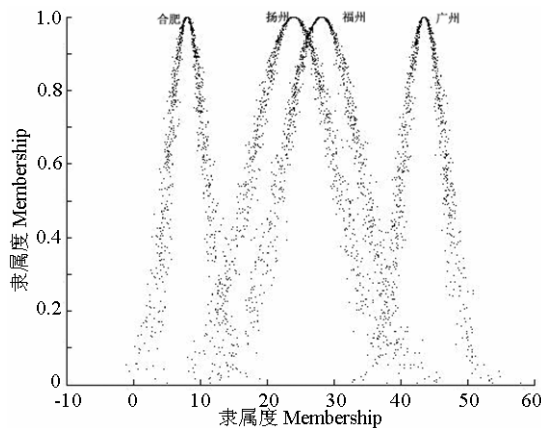


图 2 一次评估综合评估云

Figure 2 The first comprehensive cloud

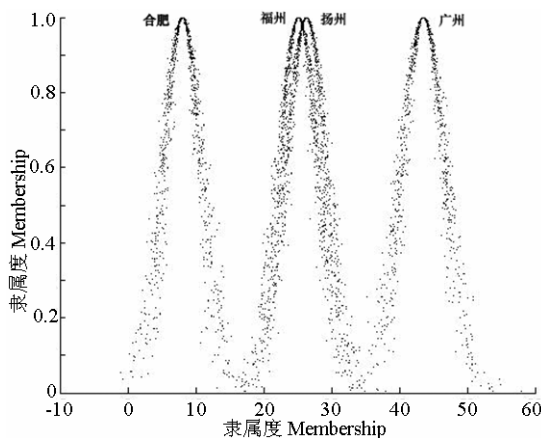


图 3 二次评估综合评估云

Figure 3 The second comprehensive cloud

对比文献[9]中提到 1972 年早春广东佛岗县首次发生此病的历史信息, 以及文献[10]中提到的中囊病发病规律, 可以得出: 2012 年 3 月份正处于广州区域的紫云英花期, 蜜源丰富, 平均温度 17.1℃, 冷空气影响频繁(广东省气象局公布信息), 易于感染病害且病情严重, 符合中囊病发病高峰期的特性, 因此作为本阶段的重点防治对象; 扬州和福州区域须延迟到 4~5 月期间最易于病毒传入, 不在本次采样时间范围内, 故作为本阶段的预备防治对象; 合肥区域较少感染此病, 在一定程度上不具备发病条

件, 作为后期防治对象。

可见, 本方法的评估结果与文献基本一致, 符合蜂学领域的实际情况, 具有可靠性和准确性。另外, 本方法可以延展到 5 个感染程度, 进行深度对比, 并且能够体现出主观评估的偏差, 通过二次评估使得结果精确度更高、适应性更强。

4 结论

本文提出的基于 AHP 和云模型的中蜂囊状幼虫病风险评估方法, 能够依据专家知识得出目标对象的评估指标集和概念取值区间, 合理计算各指标的权重因子, 并利用云模型对态势语言描述进行定量转化, 最终得到目标对象的评估结果。本方法不仅体现语言描述的模糊性, 而且反映隶属程度的不确定性, 揭示了模糊性与随机性的关联, 最大限度地保留评估过程中的不确定性, 综合考虑各指标属性的影响, 评估结果具有参考价值。

下一步将结合专家组成员的科研贡献、学术能力等因素, 为各位专家赋予权值, 以得出更加合理的指标集及权重因子。同时, 收集大量的中囊病历史爆发信息, 利用完全定量评估方法, 进一步优化评估结果, 形成病害预防的决策依据。

参考文献:

- [1] 吴杰, 刁青云, 李继莲, 等. 中国养蜂学研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2007, 44(1): 19-23.
- [2] 陈颖, 王竹红, 黄建, 等. 刺桐姬小蜂在中国的潜在地理分布预测模型[J]. 热带作物学报, 2010, 31(9): 1580-1586.
- [3] 刘建宏, 熊小真, 潘涌智, 等. 滇柏大瘿小蜂的潜在分布区预测[J]. 中国农学通报, 2011, 27(10): 39-43.
- [4] 江迎. 基于云模型和 GIS/RS 的坝堤溃决风险分析及灾害损失评估研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2012: 33-36.
- [5] 孙宏才, 田平, 王莲芬. 网络层次分析法与决策科学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011: 6-39.
- [6] 李德毅, 孟海军, 史雪梅. 隶属云和隶属云发生器[J]. 计算机研究与发展, 1995, 32(6): 15-20.
- [7] 麻士东, 韩亮, 龚光红, 等. 基于云模型的目标威胁等级评估[J]. 北京航空航天大学学报, 2010, 36(2): 150-154.
- [8] 王守信, 张莉, 王帅, 等. 一种目标可满足性定性、定量表示与推理方法[J]. 软件学报, 2011, 22(4): 593-608.
- [9] 杨冠煌. 中华蜜蜂[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001: 149-154.
- [10] 甘肃省养蜂研究所. 中蜂资料选编[R]. 天水, 1982: 382-385.