

基于 Matlab 的蜱媒疾病模糊评价研究

张雅明^{1,2}, 杨振洲³, 王玥², 石华³, 韩华³, 张文佳², 隋虹¹

1 哈尔滨医科大学公共卫生学院, 黑龙江 哈尔滨 150081; 2 哈尔滨市疾病预防控制中心,
黑龙江 哈尔滨 150056; 3 军事医学科学院疾病预防控制中心

摘要: **目的** 探索基于 Matlab 的模糊评价方法, 及其在蜱媒疾病定量风险评价中的应用。**方法** 在黑龙江省东京城镇苇子沟林场选择针叶林、针阔混交林、草地 3 种不同生境调查。用人工小时布旗法采蜱, 用温湿度计记录温度、湿度。收集蜱媒疾病模糊评价指标, 并且构建模糊推理系统对相应指标进行评价。**结果** 2012 年 5—7 月调查数据经分析后显示: 风险评分总体呈下降趋势, 最高值为 60.0, 属于较高风险等级; 最低值为 10.3, 属于低风险水平。2013 年 5 月调查数据经分析后显示: 3 种生境风险评分值均为 85.5, 属于高风险水平。在 13 次调查中, 生境的风险评分有 46.16% 属于低风险水平, 15.38% 属于中风险水平, 7.69% 属于较高风险水平, 30.77% 属于高风险水平。黑龙江省东京城镇苇子沟林场的总体风险等级处于低水平。**结论** 温度和湿度是影响蜱类活动的重要因素, 选择温度、湿度、蜱密度 3 个指标对蜱媒疾病进行模糊评价, 具有一定意义。基于模糊数学理论建立的模糊评价, 理论依据严密, 在蜱媒疾病风险评价的应用中具有科学性、合理性。

关键词: 蜱媒疾病; 模糊评价; Matlab

中图分类号: R384.4; R376 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0124-03

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.009

Study on fuzzy evaluation of tick-borne diseases based on Matlab

ZHANG Ya-ming^{1,2}, YANG Zhen-zhou³, WANG Yue², SHI Hua³, HAN Hua³, ZHANG Wen-jia², SUI Hong¹

1 School of Public Health, Harbin Medical University, Harbin 150081, Heilongjiang Province, China;

2 Harbin Center for Disease Control and Prevention, Harbin 150056, Heilongjiang Province, China;

3 Institute of Disease Control and Prevention, Academy of Military Medical Sciences

Corresponding author: SUI Hong, Email: 616802149@qq.com

Supported by the National Nature Science Foundation of China (No. 81172730) and the Youth Foundation of Academy of Military Medical Science (No. 2012CXJJ006)

Abstract: Objective To explore the fuzzy evaluation based on Matlab and its application in the quantitative risk evaluation of tick-borne diseases. **Methods** The coniferous forest, mixed coniferous-broadleaf forest, and meadow in the Weizigou forest farm, Dongjingcheng town, Heilongjiang province, China were selected as three habitats for investigation. All ticks were manually collected with white cloth flagging. A thermohygrometer was used to record the temperature and humidity. The fuzzy evaluation indicators of tick-borne diseases were collected, and the fuzzy inference system was created to assess the indicators. **Results** From May to July 2012, the analysis of survey data showed that the risk score exhibited an overall downward trend, with a maximum value of 60.0, which indicated a relatively high level of risk, and a minimum value of 10.3, which indicated a low level of risk. In May 2013, the analysis of survey data showed that the risk score was 85.5 for all the three habitats, which indicated a high level of risk. According to 13 times of investigation, 46.16% of the habitats had a low level of risk, 15.38% had a middle level of risk, 7.69% had a relatively high level of risk, and 30.77% had a high level of risk. The overall risk of Weizigou forest farm is at a low level. **Conclusion** Temperature and humidity are important influential factors for the activity of ticks. It is of certain significance to select temperature, humidity, and tick density as indicators in the fuzzy evaluation of tick-borne diseases. Based on the fuzzy mathematical theory, the fuzzy evaluation has a rigorous theoretical basis and is scientific and rational in the risk evaluation of tick-borne diseases.

Key words: Tick-borne disease; Fuzzy evaluation; Matlab

蜱是哺乳类、爬行类、鸟类和两栖脊椎动物的体表
专性吸血节肢动物, 通过蜱叮咬可引起森林脑炎、莱姆

病、蜱媒回归热、斑点热、Q 热等多种疾病^[1]。目前, 国内外已开展对于蜱媒疾病的宿主、病原体、媒介、易感人群等多方面的工作^[2-4], 但是仍缺少对蜱媒疾病的定量风险评价研究。本研究旨在通过运用模糊数学理论, 构建蜱媒疾病的风险评价数学模型, 探讨基于 Matlab 的模糊综合评价法在蜱媒疾病风险评价中的科学性和合理性。

基金项目: 国家自然科学基金(81172730); 军事医学科学院青年创新基金(2012CXJJ006)

作者简介: 张雅明, 女, 在读定向研究生, 从事医学领域统计学方法的研究和应用, 媒介生物控制学及应用研究。

Email: zhangymhmu@126.com

通讯作者: 隋虹, Email: 616802149@qq.com

1 材料与方法

1.1 材料来源 选择黑龙江省东京城镇苇子沟林场作为调查点,选择针叶林、针阔混交林、草地作为调查生境,用人工小时布旗法采蜚,即用 100 cm×60 cm 的白色针织面布旗在不同的调查生境内拖蜚,步行速度为 1 步/s^[5],大约每前行 50 m 记录检获蜚数,在每种生境内调查 1500 m,用时约 1 h。每日调查时间为 10:00—12:00。用 GPS 记录捕获蜚的地理坐标,在距离地表 60~100 cm 处,用温湿度计记录此处的温度、湿度。采集时间为 2012 年 5—7 月、2013 年 5 月,每月调查 1 次。

1.2 方法 模糊评价法用模糊数学的隶属度理论,将不宜确定的信息转化为定量评价,可以很好地解决模糊、难以量化的问题^[6]。一般包括输入变量的模糊化、确定模糊规则、应用模糊规则、合成评价结果、反模糊化 5 个步骤^[7],可以通过 Matlab 7.0 软件进行编程或者 Matlab-fis 工具箱实现。

1.2.1 变量的模糊化 假定幼蜚、若蜚、成蜚具有同等携带病原体风险,因此定义蜚密度单位为只/人工小时。同一月份、同一生境内,温度、湿度取平均值。以温度、湿度、蜚密度为输入变量,即 $U = \{U_1, U_2, U_3\}$,以风险评分为输出变量 V 。

1.2.2 确定评价等级 通过查阅文献和参考北方蜚活动特点得知蜚的适宜生长温度为 15~25 °C,湿度为 50%~80%^[8-9],因此将此标准作为隶属度的分级参考,见表 1。以 $a_i \pm s_i$ 标准定义蜚密度变量的隶属度水平, ($a_i > a_i + s_i$) 为高水平, ($a_i - s_i, a_i + s_i$) 为中水平, ($a_i < a_i - s_i$) 为低水平。以蜚媒疾病患病风险作为输出变量 V ,该指标概念模糊,因此将该变量的值域设为 0~100,等分为 4 份,即 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\}$,分别表示低风险、中等风险、较高风险、高风险。

表 1 温度、湿度隶属度分级
Table 1 Levels of temperature and humidity

变量名称	低水平	中水平	高水平
温度(°C)	<15	15~25	>25
湿度(%)	<50	50~80	>80

1.2.3 隶属度函数的选择 采用升半梯型函数和线性三角形函数描述变量的隶属度,指标的隶属度函数为:

$$u_{\text{低水平}} = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq D_1 \\ \frac{x-D_1}{D_2-D_1} & D_1 < x < D_2 \\ 0 & x \geq D_2 \end{cases}$$

$$u_{\text{中水平}}(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq D_2 \text{ 或 } \geq D_4 \\ \frac{x-D_2}{D_3-D_2} & D_2 < x < D_3 \\ \frac{x-D_4}{D_4-D_3} & D_3 < x < D_4 \end{cases}$$

$$u_{\text{高水平}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq D_4 \\ \frac{x-D_4}{D_5-D_4} & D_4 < x < D_5 \\ 1 & x \geq D_5 \end{cases}$$

1.2.4 确定模糊规则 通常以模糊条件语句建立模糊规则库,进而实现模糊逻辑推理。模糊规则一般形式为:

输入: IF $X=A$ AND $Y=B, \dots$;
 规则 1: IF $X=A_1$ AND $Y=B_1, \dots$, THEN $V=V_1$;
 规则 2: IF $X=A_2$ AND $Y=B_2, \dots$, THEN $V=V_2$;
 结论: $V=Z$

本研究选用的评价指标有 3 个,每个评价指标分为 3 个水平,所建立的规则库应该有 3³ 条,为避免规则库过于庞大,经专家讨论并且结合实际经验,本研究最后确立的评价规则有 9 条,如下所示:

IF 温度 IS 中 AND 湿度 IS 高 AND 蜚密度 IS 低, THEN 风险 IS 中;

IF 温度 IS 中 AND 湿度 IS 中 AND 蜚密度 IS 中, THEN 风险 IS 较高;

IF 温度 IS 中 AND 湿度 IS 中 AND 蜚密度 IS 高, THEN 风险 IS 高;

IF 温度 IS 高 AND 湿度 IS 低 AND 蜚密度 IS 中, THEN 风险 IS 中;

IF 温度 IS 中 AND 湿度 IS 低 AND 蜚密度 IS 高, THEN 风险 IS 高;

IF 温度 IS 高 AND 湿度 IS 中 AND 蜚密度 IS 低, THEN 风险 IS 低;

IF 温度 IS 高 AND 湿度 IS 高 AND 蜚密度 IS 低, THEN 风险 IS 低;

IF 温度 IS 低 AND 湿度 IS 高, THEN 风险 IS 较高;

IF 温度 IS 中 AND 湿度 IS 高, THEN 风险 IS 中。

1.2.5 模糊推理 利用模糊评价和模糊规则可以建立蜚媒疾病的评价模型,当评价集输入数值时,各变量会激发相应的隶属度函数,再根据模糊评价规则,形成模糊评价推理系统,进行合成评价结果和反模糊化,完成模糊评价。以图 1 为例,当输入变量是 (16, 55.9, 21) 时,经模糊推理系统运算,得出风险评分为 60.0。

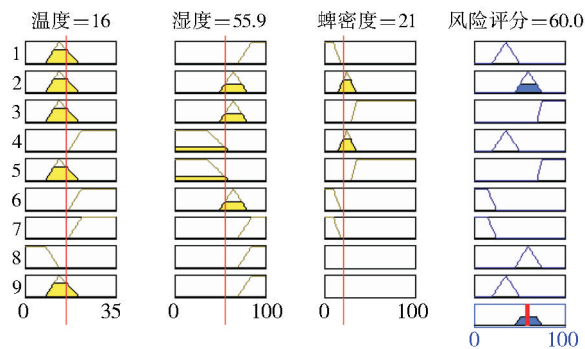


图 1 模糊评价过程
Figure 1 Fuzzy evaluation process

2 结果

2012 年 5—7 月、2013 年 5 月在黑龙江省苇子沟林场共进行 13 次调查,调查生境包括草地、针阔混交林、针叶林。选择温度、湿度、蜱密度构建评价指标集,并且根据模糊数学理论完成了蜱媒疾病的定量风险评价,风险评分见表 2。在 13 次调查中,不同生境的风险评分有 46.16% 属于低风险水平,15.38% 属于中风险水平,7.69% 属于较高风险水平,30.77% 属于高风险水平。黑龙江省东京城苇子沟林场的总体风险等级处于低水平。同一生境、不同年份的风险评分、风险等级不同,2013 年相同生境的风险评分、风险等级高于 2012 年。相同年份、不同生境的风险评分和风险等级呈现明显的季节变化,2012 年 5—7 月,不同生境的风险评分总体呈下降趋势。

表 2 不同时间黑龙江省苇子沟林场蜱媒疾病模糊评价结果

Table 2 Results of fuzzy evaluation of tick-borne diseases

时间	生境类型	温度 (°C)	湿度 (%)	蜱密度 (只/人工小时)	风险评分	风险等级
2012-05	草地	16.0	55.9	21	60.0	较高
2012-05	针阔混交林	15.6	52.5	7	35.0	中
2012-05	针叶林	17.7	58.2	16	33.8	中
2012-06	草地	21.7	72.2	2	23.4	低
2012-06	针阔混交林	20.8	73.7	5	11.2	低
2012-06	针叶林	21.0	73.4	0	11.2	低
2012-07	草地	27.6	55.4	0	11.4	低
2012-07	针阔混交林	25.7	62.6	1	10.3	低
2012-07	针叶林	26.3	59.6	1	10.3	低
2013-05	草地	20.3	46.4	48	85.5	高
2013-05	草地	23.5	32.4	61	85.5	高
2013-05	针阔混交林	20.4	36.9	65	85.5	高
2013-05	针叶林	20.0	27.5	55	85.5	高

3 讨论

本次现场调查所捕蜱种类中以全沟硬蜱 (*Ixodes persulcatus*)、森林革蜱 (*Dermacentor silvarum*)、日本血蜱 (*Haemaphysalis japonica*) 为主。全沟硬蜱各期在 4—9 月有活动,成蜱活动主高峰在 5 月中下旬;森林革蜱各期在 3—8 月有活动,成蜱活动高峰在 4—5 月;日本血蜱各期在 4—10 月有活动,成蜱、若蜱高峰在 4 月,幼蜱高峰在 5 月^[10]。因此,5 月是多种蜱的活动高峰,在 2012 年 5 月和 2013 年 5 月进行的 7 次调查中,蜱媒疾病的风险等级评价有 4 次处于高风险水平,1 次处于较高风险水平。适宜的温度、湿度是影响蜱类活动的重要因素。2013 年 5 月与 2012 年同期相比,温度较高,湿度较低,蜱密度增大,所以 2013 年 5 月各类生境的蜱媒疾病风险评分均高于 2012 年 5 月。此外,在 2012 年 6—7 月现场调查时处于雨季,温度适宜但湿度

较大严重影响蜱的活动,加之该季节是全沟硬蜱、森林革蜱的成蜱、幼蜱交替时间^[10],影响评价集的变量,使得各类生境风险评分均较低,风险等级处于低水平。东京城苇子沟林场位于黑龙江省牡丹江地区,主要蜱媒传染病依次是莱姆病、森林脑炎、斑疹热,并且莱姆病发病率呈上升趋势^[11-12]。结合本研究,黑龙江省东京城苇子沟林场虽然处于蜱媒疾病多发地区,但总体蜱媒疾病风险评价处于低水平。

本研究选择温度、湿度、蜱密度 3 个指标对蜱媒疾病进行模糊评价,实现了基于 Matlab 的一阶模糊评价,可在此基础上,结合卢亮平等^[13]提出的莱姆病暴发流行预警指标体系进行二次开发,实现蜱媒疾病的多阶模糊综合评价。

模糊评价法适用于评价指标具有模糊性、不确定性,能够在一定程度上解决蜱媒疾病风险评价中的概念模糊性问题。基于模糊理论建立的数学评价模型,理论依据严密,评价结果可靠,并且实现了定量风险评价。基于 Matlab 软件编程或者 Matlab-fis 工具箱实现的模糊评价计算简便。因此,运用模糊评价理论对蜱媒疾病进行风险评价具有科学性、合理性。

参考文献

- [1] Anderson JF, Magnarelli LA. Biology of ticks[J]. Infect Dis Clin North Am, 2008, 22(2): 195-215.
- [2] 刘琪, 王伟利, 孟庆峰. 蜱及蜱传疾病的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(3): 1107-1109.
- [3] 刘吉起, 赵奇, 许汴利. 蜱类研究进展[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2013, 24(2): 186-188.
- [4] 苏小建, 杨庆贵. 蜱螨分类鉴定方法的研究进展[J]. 中国国境卫生检疫杂志, 2012, 36(3): 212-215.
- [5] 王玥, 石华, 韩华, 等. 镜泊湖自然风景区开阔地面布旗采集游离蜱影响因素的探讨[J]. 医学动物防制, 2013, 29(2): 200-201.
- [6] Teng JY, Tzeng GS. Transportation investment project selection using fuzzy multi objective programming[J]. Fuzzy Sets Systems, 1998, 96(3): 259-280.
- [7] 沈大燕, 王玉贵, 方孝梅, 等. 基于熵权的多层模糊综合评判法在医院医疗质量评价中的应用[J]. 中国卫生统计, 2011, 28(6): 693-695.
- [8] 宋孝禄, 张永生, 张敬田, 等. 吉林省三岔子林区全沟硬蜱季节消长情况调查[J]. 医学动物防制, 1992, 8(4): 231-232.
- [9] 姚文炳. 温、湿度对亚东璃眼蜱产卵的影响[J]. 昆虫学报, 1985, 28(2): 173-180.
- [10] 孟阳春, 李朝品, 梁国光, 等. 蜱螨与人类疾病[M]. 合肥: 中国科技大学出版社, 1995: 67.
- [11] 谭毓绘, 孙荷, 刘涌, 等. 莱姆病诊断技术应用探讨[J]. 中国临床神经科学杂志, 2005, 13(3): 269-272.
- [12] 牛庆丽, 殷宏, 罗建勋. 国内莱姆病研究进展[J]. 动物医学进展, 2009, 30(10): 89-93.
- [13] 卢亮平, 马芬, 王丽, 等. 莱姆病暴发流行预警指标体系研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011, 22(1): 41-43.

收稿日期: 2013-11-12