# 基于粗糙集方法评价不同林型内大蚕蛾平腹小蜂寄生状况

王艺皎[1]， 王志明[1*]， 迮兴业[2]， 于利民[3]， 田 云[3]，
张 伟[3]， 王海峰[4]， 施福田[5]， 穆焦力[6]， 李化中[7]

(1. 吉林农业大学，长春 130118；2. 长春科技学院，长春 130600；3. 吉林省延边朝鲜族自治州森林病虫防治检疫站，延吉 133001；4. 吉林省敦化市林业局，敦化 133700；5. 吉林省汪清县林业局，汪清 133200；6. 吉林省大兴沟林业局，汪清 133202；7. 吉林省和龙林业局，和龙 133500)

**摘要** 利用柞蚕蛾制作蜂卡，对大蚕蛾平腹小蜂林间寄生率调查。运用粗糙集方法赋权分析林分不同因子对大蚕蛾平腹小蜂寄生率的影响。结果表明：林龄、郁闭度、坡度等指标权重分别为 0.263、0.368、0.368，算得均方根误差(RMSE)为 1.081。由此分析认为，在林分因子中，林龄、郁闭度和坡度对平腹小蜂寄生率影响较大。并将粗糙集理论与特尔斐法进行了比较，其中均方根误差(RMSE)降低了 2.172%，表明利用粗糙集方法适用于林间寄生效果的评价。

**关键词** 大蚕蛾平腹小蜂； 生物防治； 粗糙集理论； 林分因子

**中图分类号：** S 476.3 **文献标识码：** A **DOI：** 10.3969/j.issn.0529 - 1542.2017.05.015

# Evaluation of the parasitic situation of *Anastatus* sp. in different forest types based on the rough set method

Wang Yijiao[1], Wang Zhiming[1], Zuo Xingye[2], Yu Limin[3], Tian Yun[3], Zhang Wei[3], Wang Haifeng[4], Shi Futian[5], Mu Jiaoli[6], Li Huazhong[7]

(1. *Jilin Agricultural University*, *Changchun* 130118, *China*; 2. *Changchun Sci-Tech University*, *Changchun* 130600, *China*; 3. *Forest Pest Control and Quarantine Station of Yanbian Korean Autonomous Prefecture*, *Yanji* 133001, *China*; 4. *Forest Pest Control and Quarantine Station of Dunhua City*, *Jinlin* 133700, *China*; 5. *Forest Pest Control and Quarantine Station of Wangqing County*, *Jilin* 133200, *China*; 6. *Daxinggou Forestry Bureau of Jilin Province*, *Wangqing* 133202, *China*; 7. *Helong Forestry Bureau of Jilin Province*, *Helong* 133500, *China*)

**Abstract** The *Antheraea pernyi* egg cards were made for the parasitic rate survey of *Anastatus* sp. in forests and the parasitic situation was analyzed by using rough set method. The results showed that the weight of forest age, canopy density, slope index determined by the rough set method were 0.263, 0.368 and 0.368, respectively, with a RMSE of 1.081. Based on the analysis, the factors forest age, crown density and slope greatly influenced the parasitic rates of *Anastatus* sp. compared with the Delphi method, the root mean square error (RMSE) decreased by 2.172%, suggesting that the rough set method was suitable for parasitic rate survey in the forest.

**Key words** *Anastatus* sp.; biological control; rough set theory; stand factor

平腹小蜂 *Anastatus* spp. 隶属膜翅目 Hymenoptera 旋小蜂科 Eupelmidae，其种类主要寄生在鳞翅目蛾类卵内，广泛分布于全国，是林木害虫卵期的优势天敌。自 1950 年代起，我国即开展了利用平腹小蜂防治害虫的工作，无论南方和北方，均有成功的范例。

在自然界或人工野外释放时，平腹小蜂雌虫会主动寻找寄主卵，产生寄生行为[1]。在搜寻寄主时，雌蜂面对的是一个复杂的生态环境，因此，它们在寻觅寄主卵过程中，尽管具有搜寻寄主的本能，可以有效产生寄生行为，也不可避免地受到各种环境因子

**收稿日期：** 2016 - 11 - 03 **修订日期：** 2017 - 02 - 05
**基金项目：** 延边州科学技术局科技攻关计划项目(2013AC03)
* 通信作者 E-mail：wzmnongda@163.com

和非目标信号等因素的干扰[2]。特别是在应用平腹小蜂防治害虫中，必然会涉及选择何种林分采集蜂种，释放到何种类型林分更有利于平腹小蜂寄生，林分不同因子如何影响平腹小蜂寄生效果等诸多因子抉择。所以，平腹小蜂林间寄生效果是诸多因素综合影响的结果，而对这些影响因子进行评价，对今后利用平腹小蜂具有重要意义。

客观上，评价影响寄生因素应采用多指标综合评价方法[3]，多指标综合评价是一个多属性决策过程，而解决多属性决策问题的关键是分配各属性指标权重大小的问题[4]。指标权重的确定直接影响着决策的准确性和科学性[5]。因此找到一种合理、科学的权重分配方法来评价影响寄生因素至关重要。

在多属性决策过程中，指标权重确定的方法主要包括主观赋权法和客观赋权法[6]。主观赋权法是指通过研究者或专家主观的判断和经验，预测出指标的权重。特尔菲法属于主观赋权法，该方法的缺点是过度依赖于决策者的主观意愿，缺乏一定的客观性。本文将借助特尔斐法，进一步阐述多属性决策处理数据的优势[7]。客观赋权法是指将客观事实赋权的信息，根据各指标的联系程度，从而确定指标权重。该方法虽具遵循客观事实特点，但有时结果解释性较差[8]。目前对农业方面的研究，基本采用的是单一的赋权法。为了更好地、科学地研究，应综合主观赋权法和客观赋权法的优缺点，本文将两者进行融合，引入一种基于粗糙集理论的方法，从而确定指标权重[9]。

粗糙集理论是 1982 年由波兰数学家 Pawlak 提出的一种处理不完整、不一致、不规则数据的数学工具[10]。粗糙集理论的核心是从近似空间导出一对近似算子，该近似算子又分为上近似算子和下近似算子。粗糙集理论在处理数据时无需额外的先验知识，这对数据的分析和处理是相对客观的，这一点也是区别于其他理论方法的独特之处。该理论能够客观分析无规则数据，从而找到隐含信息，揭示有价值的潜在规律。由于粗糙集理论本身不具备独立处理不精确和不准确信息数据的能力，因此需借助概率论、模糊数学、信息论、证据理论等相互融合[11-12]。该理论具有广泛的发展空间和潜在价值，随着科技的不断进步，现已被应用到生物、医疗、工业、农业、环境等诸多领域的生产实践中。

为了研究林分因子对大蚕蛾平腹小蜂 *Anastatus* sp. 寄生效果的影响，笔者于 2015 年 6－9 月，在吉林省长白山区开展不同林分因子对平腹小蜂寄生率影响的试验，并利用粗糙集理论，确定林分因子评价指标权重，研究平腹小蜂寄生效果的因素及因素所占权重大小，进而得出与寄生率的关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在吉林省敦化市、和龙市、汪清县和延吉市等地，共设 15 个点。林型主要为天然阔叶林、天然针阔混交林、人工针阔混交林和人工针叶林。

### 1.2 试验材料

新鲜未受精柞蚕 *Antheraea pernyi* 卵卡若干，卵卡大小为 15 cm×10 cm。塑料透明养蜂盒，直径为 10 cm×15 cm。

### 1.3 试验方法

在各林型试验林地内，于 6 月中旬—9 月中旬，每隔 10～15 d 挂卵卡。每卡 50 粒卵。每样地每次挂卡 20 片，挂卡高度 2 m，固牢，避雨水。卵卡间隔 10～20 m。卡上注明时间、地点、林型和标地号。下次挂卡时，取回上次卡。每批挂卵卡时间统一进行，各地相差时间 2 d 以内。

取卡后，将每卡单独放置于养蜂盒内，每日 8:00 和 14:00 观察记载出蜂情况。

### 1.4 蜂种鉴定

我国对平腹小蜂属分类的研究一直滞后，至目前为止，一些物种地位尚未厘清。此次调查的平腹小蜂，经杨忠岐先生鉴定，暂定为大蚕蛾平腹小蜂 *Anastatus* sp.。

### 1.5 寄生率统计方法

由于卵卡在林间有卵粒遗失情况，特别是林间蚂蚁啃食卵粒现象严重，使卵卡有不同数量的损失。为此，将每批卵卡由林间取回室内后，首先统计每卡卵粒数，再将每卡单独放置于养蜂盒内待其羽化。依平腹小蜂一般每卵仅 1 头寄生的习性，出蜂后统计平腹小蜂数量，按 1 头蜂寄生 1 粒卵统计。

每林型收回的卵粒数内出蜂的总头数与收回的总卵数之比，为林间寄生率。

寄生率(%)＝出蜂头数/收回的总卵数×100%。

## 2 结果与分析

### 2.1 大蚕蛾平腹小蜂不同地点林间寄生率调查

大蚕蛾平腹小蜂不同地点林间寄生率结果见表 1。

**表 1　平腹小蜂林间寄生率调查**

**Table 1　Investigation of the parasitic rate of *Anastatus* sp. in different stands**

| 诱集地点<br>Trap location | 林型<br>Forest type | 总卵数/粒<br>Total number of eggs | 寄生数/粒<br>Number parasitized | 寄生率/%<br>Parasitic rate |
|---|---|---|---|---|
| 延吉市帽儿山<br>Maoer Mountain, Yanji City | 人工混交林(落叶松、樟子松、阔叶)<br>Artificial mixed forest | 2 650 | 0 | 0 |
| 和龙林业局 38 林班 9 小班<br>Subcompartment ♯9, compartment ♯38 in Helong Forestry Bureau | 天然混交林<br>(云杉、落叶松、黄檗、椴、柞、榆)<br>Natural mixed forest | 650 | 0 | 0 |
| 和龙林业局 39 林班 8 小班<br>Subcompartment ♯8, compartment ♯39 in Helong Forestry Bureau | 天然混交林(落叶松、白桦、蒙古栎)<br>Natural mixed forest | 850 | 0 | 0 |
| 汪清县 3 号地 59 林班 9 小班<br>Subcompartment ♯9, compartment ♯59 in No. 3 locality of Wangqing Forestry Bureau | 人工混交林<br>(红松、落叶松、胡桃楸、榆)<br>Artificial mixed forest | 1 700 | 37 | 2.18 |
| 汪清县 1 号地 4 林班 40 小班<br>Subcompartment ♯40, compartment ♯4 in No. 1 locality of Wangqing Forestry Bureau | 人工针叶林(红松、落叶松)<br>Artificial coniferous forest | 1 650 | 210 | 12.73 |
| 敦化市秋梨沟林场 19 林班 5 小班<br>Subcompartment ♯5, compartment ♯19 in Dunhua Forestry Bureau | 人工针叶林(红松)<br>Artificial coniferous forest | 2 000 | 0 | 0 |
| 敦化市秋梨沟林场 32 林班 5 小班<br>Subcompartment ♯5, compartment ♯32 in Dunhua Forestry Bureau | 人工针叶林(落叶松)<br>Artificial coniferous forest | 800 | 0 | 0 |
| 敦化市秋梨沟林场 32 林班 4 小班<br>Subcompartment ♯4, compartment ♯32 in Dunhua Forestry Bureau | 人工混交林(落叶松、蒙古栎)<br>Artificial mixed forest | 1 500 | 76 | 5.07 |
| 敦化市秋梨沟林场 43 林班 7 小班<br>Subcompartment ♯7, compartment ♯43 in Dunhua Forestry Bureau | 天然阔叶林(蒙古栎、桦、杨)<br>Natural broad-leaved forest | 1 600 | 95 | 5.94 |
| 汪清县 2 号地 8 林班 22 小班<br>Subcompartment ♯22, compartment ♯8 in No. 2 locality of Wangqing Forestry Bureau | 人工针叶林(红松)<br>Artificial coniferous forest | 1 900 | 0 | 0 |
| 大兴沟经营所 93 林班 26 小班<br>Subcompartment ♯26, compartment ♯93 in Daxinggou Forestry Bureau | 人工混交林<br>(樟子松、落叶松、云杉、蒙古栎)<br>Artificial mixed forest | 1 450 | 12 | 0.83 |
| 大兴沟柳亭 20 林班 19 小班<br>Subcompartment ♯19, compartment ♯20 in Daxinggou Forestry Bureau | 人工混交林(红松、椴、蒙古栎、杨)<br>Artificial mixed forest | 850 | 71 | 8.35 |
| 大兴沟影壁 55 林班 38 小班<br>Subcompartment ♯38, compartment ♯55 in Daxinggou Forestry Bureau | 人工针叶林(落叶松、蒙古栎)<br>Artificial coniferous forest | 1 550 | 53 | 3.42 |
| 大兴沟红石 65 林班 26 小班<br>Subcompartment ♯26, compartment ♯65 in Daxinggou Forestry Bureau | 人工混交林(红松、阔叶杂木)<br>Artificial mixed forest | 950 | 86 | 9.05 |
| 延吉市帽儿山苹果梨园<br>Apple and pear orchard of Maoer Mountain, Yanji City | 果园(苹果梨)<br>Apple-pear orchard | 900 | 0 | 0 |

表 1 表明,在调查的 15 块林分(林型)中,树木种类对于平腹小蜂寄生率的影响无明显规律。所以在本文中我们根据树种不同,大致将栖息环境分成 4 种林型:人工针叶林、天然阔叶林、人工混交林和天然混交林。其中有 7 块林分没有平腹小蜂寄生;在另 8 块有平腹小蜂寄生的林分中,人工针叶林寄生率最高,达到 12.73%,其树种包括:落叶松和红松。该项调查的结论仍需进一步研究。

### 2.2　不同林分因子对大蚕蛾卵平腹小蜂寄生率影响

在 15 个不同林分因子的标地中,调查了林分内大蚕蛾平腹小蜂的寄生情况,结果见表 2。

表 2 不同林分因子对大蚕蛾卵平腹小蜂寄生率的影响

Table 2 Influences of different forest stand factors on the parasitic rate of *Anastatus* sp.

| 林龄/年 Forest age | 郁闭度 Canopy density | 坡度/° Slope | 坡向 Direction of slope | 林型 Forest type | 寄生率/% Parasitic rate |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0.7 | 30 | 南 South | 人工混交林 Artificial mixed forest | 0.8 |
| 14 | 0.8 | 15 | 南 South | 人工针叶林 Artificial coniferous forest | 12.73 |
| 20 | 0.9 | 15 | 南 South | 人工针叶林 Artificial coniferous forest | 0 |
| 20 | 1.0 | 35 | 西 West | 天然阔叶林 Natural broad leaved forest | 5.94 |
| 20 | 0.6 | 70 | 南 South | 人工混交林 Artificial mixed forest | 0 |
| 31 | 0.8 | 17 | 西南 Southwest | 人工混交林 Artificial mixed forest | 8.35 |
| 33 | 0.7 | 15 | 北 North | 人工混交林 Artificial mixed forest | 0.83 |
| 35 | 0.6 | 16 | 北 North | 人工混交林 Artificial mixed forest | 2.18 |
| 35 | 0.65 | 18 | 北 North | 人工针叶林 Artificial coniferous forest | 3.42 |
| 35 | 0.8 | 23 | 西南 Southwest | 人工混交林 Artificial mixed forest | 9.05 |
| 38 | 0.7 | 30 | 北 North | 人工混交林 Artificial mixed forest | 0 |
| 38 | 0.7 | 10 | 南 South | 人工针叶林 Artificial coniferous forest | 0 |
| 40 | 0.9 | 0 | 平 Flat | 人工针叶林 Artificial coniferous forest | 0 |
| 45 | 0.6 | 2 | 平 Flat | 人工针叶林 Artificial coniferous forest | 0 |
| 52 | 0.7 | 13 | 北 North | 天然混交林 Natural mixed forest | 0 |

表 2 表明，在诸多因子中，林龄、郁闭度和坡度可能是影响林间平腹小蜂寄生的主要因子。

**2.2.1** 主要林分因子指标权重及评分

根据表 2，依照经验，将表内数值划分为“高”、“中”和“低”三个等级。林龄的指标为：大于 40 年、20～40 年和小于 20 年；指标分值为 10、7 和 3。郁闭度的指标为：大于 0.8、0.7～0.8 和小于 0.7；指标分值为 10、7 和 3。坡度的指标为：大于 23°、15°～23°和小于 15°；指标分值为 10、7 和 3[13]；并采用特尔斐法，确定各指标的权重[14]。林龄所占权重为 0.25、郁闭度所占权重为 0.40、坡度所占权重为 0.35。结果见表 3。

表 3 不同林分因子指标权重及评分规则

Table 3 Index weight and grading rule of different forest factors

| 指标 Factor | 指标分数 Scores | | | 权重 Weight |
|---|---|---|---|---|
| | 高 High | 中 Middle | 低 Low | |
| 林龄 Forest age | ＞40 | 20～40 | ＜20 | 0.25 |
| 分值 Values | 10 | 7 | 3 | |
| 郁闭度 Canopy density | ＞0.8 | 0.7～0.8 | ＜0.7 | 0.40 |
| 分值 Values | 10 | 7 | 3 | |
| 坡度 Slope | ＞23 | 15～23 | ＜15 | 0.35 |
| 分值 Values | 10 | 7 | 3 | |
| 林分因子综合指数 Composite index of stand factor | ＞20 | 15～20 | ＜15 | |
| 等级 Level | 1 | 2 | 3 | |

**2.2.2** 属性值约简后的林分因子评价决策表

根据表 1 和表 3，以林分因子指标为条件属性，条件属性集 $C=\{C_1,C_2,C_3\}$；林分因子等级为决策属性，决策属性集 $D=\{d\}$，$d$ 为采用特尔斐法初步评价得到的林分因子等级；论域 $U=\{1,2,3,\cdots\cdots,15\}$；决策表中：$C_1$ 为林龄，$C_2$ 为郁闭度，$C_3$ 为坡度，将数据进行属性值的约简，得到简化的决策表[15]，如见表 4。

**2.2.3** 等价类划分及林分因子权重再次确定

根据表 4 中的数据论域以及条件属性和决策属性，进行等价类划分[16]，其结果为：

条件属性集合为：

$$U/IND(C)=\{\{1\}\{2\}\{3\}\{4\}\{5\}\{6\}\{7\}\{8\}\{9\}\{10\}\{11,12,13,14\},\{15\}\}$$

决策属性集合为

$$U/IND(C)=\{\{1,15\},\{2,4,9,13,14\},\{3,5,6,7,8,10,11,12\}\}$$

分别依次去掉一个条件属性后的论域等价类划分得：

去掉条件属性中的林龄后，所得集合为：

$$U/IND(C-C_1)=\{\{1,8\},\{2,10\},\{3\},\{4\},\{5,11,12,13,14\},\{6\},\{7\},\{9\},\{15\}\}$$

**表 4　属性值约简后的林分因子评价决策表**[1)]

**Table 4　Evaluation decision after stand attribute value reduction**

| 序号 No. | $C_1$ Forest age | $C_2$ Canopy density | $C_3$ Slope | $d$ Level |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 7 | 7 | 10 | 1 |
| 2 | 10 | 7 | 3 | 2 |
| 3 | 10 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 7 | 3 | 7 | 2 |
| 5 | 3 | 7 | 7 | 3 |
| 6 | 7 | 10 | 3 | 3 |
| 7 | 7 | 10 | 7 | 3 |
| 8 | 3 | 7 | 10 | 3 |
| 9 | 7 | 10 | 10 | 2 |
| 10 | 7 | 7 | 3 | 3 |
| 11 | 7 | 7 | 7 | 3 |
| 12 | 7 | 7 | 7 | 3 |
| 13 | 7 | 7 | 7 | 2 |
| 14 | 7 | 7 | 7 | 2 |
| 15 | 7 | 3 | 10 | 1 |

1) $C$ 为条件属性;$C_1$ 为林龄;$C_2$ 为郁闭度;$C_3$ 为坡度;$d$ 为林分因子等级。
$C$: Condition attribute; $C_1$: Forest age; $C_2$: Canopy density; $C_3$: Slope; $d$: Level.

去掉条件属性中的郁闭度后,所得集合为:

$$U/IND(C-C_2)=\{\{1,9,15\},\{2,3\},\{4,7,11,12,13,14\},\{5\},\{6,10\},\{8\}\}$$

去掉条件属性中的坡度后,所得集合为:

$$U/IND(C-C_3)=\{\{1,10,11,12,13,14\},\{2\},\{3\},\{4,15\},\{5,8\},\{6,7,9\}\}$$

各条件属性下的决策属性的正域:

决策属性的正域为:

$$POC_C(D)=\{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,15\}$$

去掉条件属性中的林龄后,所得正域为:

$$POC_{C-C_1}(D)=\{3,4,6,7,9,15\}$$

去掉条件属性中的郁闭度后,所得正域为:

$$POC_{C-C_2}(D)=\{5,6,8,10\}$$

去掉条件属性中的坡度后,所得正域为:

$$POC_{C-C_3}(D)=\{2,3,5,8\}$$

各条件属性集关于决策属性的近似精度:

决策属性的近似精度为:

$$\gamma_C(D)=\frac{POS_C(D)}{U}=\frac{11}{15}$$

去掉条件属性中的林龄后,所得近似精度为:

$$\gamma_{C-C_1}(D)=\frac{POS_{C-C_1}(D)}{U}=\frac{6}{15}$$

去掉条件属性中的郁闭度后,所得近似精度为:

$$\gamma_{C-C_2}(D)=\frac{POS_{C-C_2}(D)}{U}=\frac{4}{15}$$

去掉条件属性中的坡度后,所得近似精度为:

$$\gamma_{C-C_3}(D)=\frac{POS_{C-C_3}(D)}{U}=\frac{4}{15}$$

各条件属性关于决策属性的重要度:

去掉条件属性中的林龄后,所得重要度为:

$$Sig_D(C_1)=\gamma_C(D)-\gamma_{C-C_1}(D)=\frac{5}{15}$$

去掉条件属性中的郁闭度后,所得重要度为:

$$Sig_D(C_2)=\gamma_C(D)-\gamma_{C-C_2}(D)=\frac{7}{15}$$

去掉条件属性中的坡度后,所得重要度为:

$$Sig_D(C_3)=\gamma_C(D)-\gamma_{C-C_3}(D)=\frac{7}{15}$$

经归一化处理后,得 $C_1$、$C_2$ 和 $C_3$ 的重要度分别为 0.263、0.368 和 0.368,即相应的林龄、郁闭度和坡度的权重分别为 0.263、0.368 和 0.368。根据表 3 中特尔斐法确定的林分因子指标权重大小与粗糙集理论得出的权重相比,林龄和坡度的权重值提高,而郁闭度的权重值减小。采用特尔菲法得出的各林分因子权重大小,得均方根误差(RMSE)为 1.105;粗糙集理论得出的各林分因子权重大小,得均方根误差(RMSE)为 1.081。粗糙集理论相比特尔斐法精度更高,其中均方根误差(RMSE)降低了 2.172%。

## 3　讨论

本文运用粗糙集理论,通过知识约简和相对正域理论排除了多余信息并处理了不完整性信息[17]。其思维是,首先通过特尔菲法(主观赋权法)确定林分因子初步评价;然后,将该评价得到的林分因子综合指数(IFI)等级作为决策属性。最后,将林分因子指标权重问题转变为粗糙集理论中属性的重要性评价问题[18]。

影响大蚕蛾平腹小蜂寄生效果的林分因子中,郁闭度和坡度所占权重较大为 0.368,说明林间大蚕蛾平腹小蜂的寄生效果与郁闭度和坡度关系更为密切。结合实际,郁闭度是反映林分密度的指标,郁闭度对幼树高和冠幅生长具有一定的影响,郁闭度越大对幼树生长影响越大[19]。林分的疏密程度影响光照强度;而光照是影响生物生长发育的重要因素。这些对平腹小蜂的影响或是间接的,也可能是直接的。坡度对林间植被盖度有较强的影响,在一

定条件下，坡度与植被的高度、胸径和材积呈显著或极显著相关[20]。从这两项因子来看，实际上是光对平腹小蜂的影响较其他因子的影响更强。

在对调查结果分析中，考虑到如果林分因子的指标权重采用单一的客观赋权法或主观赋权法进行分析，会造成单一的主、客观赋权法均存在不足，缺乏应有的科学性。故本文采用了粗糙集理论的方法，试图解决主、客观赋权法所存在的问题。分析结果表明，粗糙集理论与特尔菲法相比，权重值精确度更高，提高了 2.172%。由此可验证，粗糙集理论确定的大蚕蛾平腹小蜂林间寄生的指标权重更符合实际情况，更具有实际应用价值。

经过调查，证明大蚕蛾平腹小蜂在林间条件下，寄生情况根据不同的林分因子以及不同的林龄序列，表现出寄生率的差异。不同林分之间寄生率相差较大，这也充分反映了调查本身具有典型的不完整性和不确定性。在林间调查中，有关寻找主要相关因子及其分析一直是困扰研究人员的难题。本文中所采用的粗糙集理论是一种数学工具，能够较为准确地、有效地分析和处理各种不完整和不确定信息，并且能够找到隐含的知识、揭示潜在的规律。结果表明，应用粗糙集理论的方法，在处理和分析具体实例时，具有实用性和有效性。

## 参考文献


[1] 蒲蛰龙. 中国农业害虫生物防治的研究及应用[J]. 昆虫天敌，1985，7(4)：208－215.

[2] 迟国梁，徐涛，王建武. 学习经历在平腹小蜂寄主选择过程中的作用[J]. 生态学报，2007(4)：1524－1529.

[3] 李博. 多指标综合评价方法应用中存在的问题与对策[J]. 沈阳工程学院学报(社会科学版)，2010(2)：200－202.

[4] 刘健，薛利，刘思峰，等. 基于优势关系的多属性决策问题研究[J]. 控制与决策，2010(7)：1079－1083.

[5] 邓宝. 基于组合赋权法的指标权重确定方法研究与应用[J]. 电子信息对抗技术，2016(1)：12－16.

[6] Diakoulaki D，Marvrotas G，Papayannakis L. Determining objective weights in multiple criteria problems：The critic method [J]. Computers and Operations Research，1995，22(7)：763－770.

[7] 俞诚士. 特尔菲法简介[J]. 安徽体育科技资料，1984(2)：40－41.

[8] 周志远，沈固朝. 粗糙集理论在情报分析指标权重确定中的应用[J]. 情报理论与实践，2012(9)：61－65.

[9] Mac Parthalain N，Shen Q. On rough sets，their recent extensions and applications[J]. Knowledge Engineering Review，2010，25(4)：365－395.

[10] Pawlak Z. Rough set[J]. International Journal of Computer and Information Science，1982(11)：341－356.

[11] 纪滨. 粗糙集理论及进展的研究[J]. 计算机技术与发展，2007(3)：69－72.

[12] 张文修，吴伟志. 粗糙集理论介绍和研究综述[J]. 模糊系统与数学，2000(4)：1－12.

[13] 于洪，王国胤，姚一豫. 决策粗糙集理论研究现状与展望[J]. 计算机学报，2015(8)：1628－1639.

[14] 张政超，关欣，何友，等. 粗糙集理论研究的新进展[J]. 计算机与现代化，2009，11：16－21.

[15] 李建军，李际平. 基于粗糙集的林分经营决策因子分类研究[J]. 福建林业科技，2008(3)：4－9.

[16] 覃伟荣，秦亮曦. 基于粗糙集理论的条件属性动态约简算法[J]. 计算机技术与发展，2008(8)：23－25.

[17] 于洪，王国胤，姚一豫. 决策粗糙集理论研究现状与展望[J]. 计算机学报，2015(8)：1628－1639.

[18] 叶回春，张世文，黄元仿，等. 粗糙集理论在土壤肥力评价指标权重确定中的应用[J]. 中国农业科学，2014(4)：710－717.

[19] 苏树权. 不同郁闭度对幼树生长影响研究[J]. 广东林业科技，2003(1)：34－36.

[20] 张丽鹏，杨雨春，赵珊珊，等. 环境因子对长白山区天然核桃楸林生长的影响[J]. 中国农学通报，2014(4)：34－41.


(责任编辑：田 喆)