

区域森林资源预警的警度划分^{*}

吴延熊

郭仁鉴 周国模

(云南省林业科学院重点实验室, 昆明 650204) (浙江林学院资源与环境系)

摘要 就警限确定和警度划分的方法提出了系统化方法、控制图方法、综合评判法、突变论方法和专家确定法等, 为区域森林资源预警的警度划分提供了科学手段。图1参2

关键词 警度; 预警; 划分方法; 区域; 森林资源预警系统

中图分类号 S757.1; Q-0

警度是区域森林资源预警系统一个非常重要的概念。警度的划分需要一系列的方法支持。在全面研究预警指标确定警限和划分警度的现有方法基础上, 归纳和提出了以下几种区域森林资源预警的警度划分方法。

1 系统化方法

这种方法从定性分析出发, 根据各种并列的原则或标准来研究警限, 然后综合各种研究结果, 从而得出科学的结论^[1]。但是这种方法确定的警限在理论上是否合理, 实践上是否可行, 还值得探讨。不过重要的是要在对大量历史数据进行定性分析的基础上, 结合当前的实际情况和以往的经验, 综合多方面意见进行适当的调整。系统化方法的原则主要有以下几点。

1.1 多数原则

根据多数原则确定警限, 是指通过定性分析, 对过去相当长一段时间内的区域森林资源发展的总体情况持基本肯定态度, 认为过去绝大多数情况下, 区域森林资源预警指标处于无警状态。在这种定性认识的基础上, 将各类预警指标的时间序列数据, 重新由小到大排列, 从最大值往下, 选择占总数 2/3 的数据区间作为安全区间, 即有警和无警的分界线。在剩余的 1/3 数据区间中再划分轻警警限、中警警限、重警警限和巨警警限。这时既可以是等距划分, 也可以按实际情况进行划分。

收稿日期: 1998-10-20

^{*}浙江省自然科学基金资助项目(397206)和“九五”浙江省科技攻关资助项目(961102160)

吴延熊, 男, 1967年生, 助理研究员, 博士

1.2 半数原则或中数原则

基本思想和多数原则相似, 但所作的定性分析的结论不同, 认为警情指标至少有一半以上年份处于无警警限, 否则就无法解释区域森林资源发展的成就, 所以应取指标的中位数为无警警限。

1.3 均数原则

均数原则认为区域森林资源发展状况没有理由低于历史的平均水平。历史的平均水平是一个分水岭, 是过去各种警度的综合反映, 若实际的预警指标低于历史平均水平, 就意味着“今不如昔”, 存在警情。历史平均水平作为无警警限的下限。历史平均水平既可以是算术平均, 也可以是加权平均。

1.4 少数原则

少数原则是指采用大多数人公认的区域森林资源发展过程中的黄金年份的预警指标的下限为无警警限。也就是将黄金年份的预警指标分为高、低 2 组, 一般以中位数为界, 然后扣除个别极端值, 如负增长率, 再求低值组的平均值作无警警限的下限。

1.5 众数原则

预警指标的无警警限下限是其他区域所达到的相当长一段时期内的平均水平, 如果达不到这一平均水平, 说明与其他区域的差距拉大, 有落伍的危险, 即警情。

1.6 人数原则

不论哪种预警指标, 其无警警限的下限是以人口增长为衡量标准, 即预警指标的增长率大于等于人口增长率时, 才能认为是无警。否则, 人均发展水平就会下降, 区域森林资源的发展就处于倒退状态。

1.7 负数原则

凡是零增长或负增长均属于有警警限, 其他以 5 个百分点确定, 轻警是 $0 \sim -4.9$, 中警是 $-4.9 \sim -9.9$, 重警是 $-9.9 \sim -14.9$, 巨警是 -14.9 以上。

1.8 多数原则

无警警限应和受区域森林资源影响的其他产业的无警警限保持一致。比如区域森林资源经济增长率的警限, 就可以参考农业经济增长率的警限来确定。

2 控制图方法

控制图法确定警限的思路来自控制图报警系统的原理。控制图中的报警系统是由异常点来启动的, 而异常点的判断则取决于小概率事件的发生。控制图的使用既要考虑当控制对象处于稳定状态时, 保证报警系统具有保持稳定状态的能力即较少地虚发警报, 又要考虑当控制对象出现异常波动时, 能及时地发现警报即具有一定的检出能力。

2.1 基本原理

控制图是全面质量管理的核心。其基本原理是: 设要控制管理的某道工序的质量指标 ξ 服从正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$, 则当这道工序处于正常生产状况时, 其产品的质量指标 ξ 应以 99.73% 的概率落在 $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$ 范围之内。当质量指标 ξ 落在范围 $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$ 之外即小概率事件发生时, 便认为工序受到了异常因素的干扰而不再处于正常状态, 需马上报警以提示操作者加以修正。

控制图法确定警限的前提是假设所确定的预警指标服从正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$ ，但预警指标的 μ 和 σ 都是未知的，只能用样本值来估计，采用最大相关法随机抽取样本。由于所取样本变量是一种特殊变量即标准偏差值，它在被抽取的样本群体中是服从正态分布的，所以样本也服从正态分布。根据样本均值 $\bar{\mu}$ 和样本方差 $\hat{\sigma}$ 确定的警限即预警指标的安全区间是 $[\bar{\mu} - 3\hat{\sigma}, \bar{\mu} + 3\hat{\sigma}]$ 。

2.2 算法步骤

在实际操作过程中，可以采用 $\bar{X} - R$ 控制图法、 $x - R$ 控制图法即中位数和极差控制图法、 X 控制图法即单值控制图法等。其中 $\bar{X} - R$ 控制图法的具体做法如下。

首先确定预警指标的规格中心线： $\bar{\bar{X}} = \sum_{i=1}^k \bar{X}_i / R$ 。其中， $\bar{X} = \sum_{t=1}^n (C_{(t)} / \sigma) / n$ ； $C_{(t)} = A_{(t)} / T_{(t)} \times 100\% = T_{(t)} \times C_{(t)} / T_{(t)} \times 100\%$ ；的警 $\sqrt{\sum C_{(t)}^2 / n - \left(\frac{\sum C_{(t)}}{n}\right)^2}$ 。

$A_{(t)}$ 为预警指标各年的数据值； $T_{(t)}$ 为预警指标各年的长期趋势值； $C_{(t)}$ 为预警指标各年的循环波动值； $C_{(t)} / \sigma$ 为预警指标各年的标准循环偏差； n 为时间序列的长度； R 为样本极差。

然后确定预警指标的安全区间即警限。上警限即上控制线为 $UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$ ，下警限即下控制线为 $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$ 。其中， $\bar{R} = \sum R / n$ 。 $A_2 \bar{R}$ 为概率为 99.73% 的估计值； A_2 为平均值控制图控制限常数因子，可查表求得。

最后确定上、下控制限的中间值线 $\overline{UCL_{\bar{X}}} = \bar{\bar{X}} + \frac{1}{2} A_2 \bar{R}$ ， $\overline{LCL_{\bar{X}}} = \bar{\bar{X}} - \frac{1}{2} A_2 \bar{R}$ 。控制线确定后作图即可得到预警指标的警限划分图，如图 1 所示。

3 综合评判法

对于由多个指标构成的综合性预警指标，警限的确定和警度的划分可以转化为相应的距离、相似系数和灰色关联度等的判定和划分。

3.1 空间距离

距离是指在多维指标空间中现实点和理想点之间的距离。根据距离的大小便可确定综合指标的警限和警度。假设现实点 X 的空间坐标为 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)'$ ，理想点 Y 的空间座标为 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)'$ ，则我们可以利用的距离主要有如下几种。

3.1.1 绝对距离 $D = \sum_{k=1}^n |x_k - y_k|$ 。

3.1.2 欧氏距离 $D = \left[\sum_{k=1}^n (x_k - y_k)^2 \right]^{1/2}$ 。

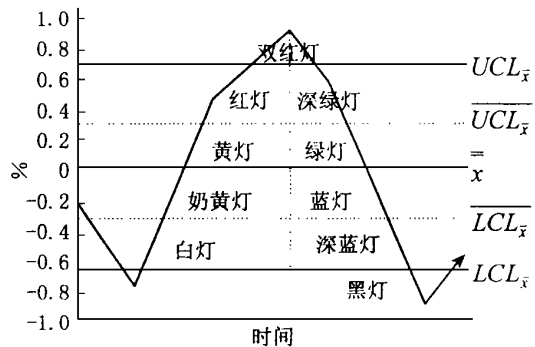


图 1 预警指标的警限划分及其信号表示
Figure 1 Warning threshold and signal of early-warning indicators

3.1.3 明考夫斯基距离 $D = \left[\sum_{k=1}^n (x_k - y_k)^q \right]^{\frac{1}{q}}$ 相

3.1.4 切比雪夫距离 $D = \max_{1 \leq k \leq n} |x_k - y_k|$ 。

还有马氏距离, B 模距离等。

3.2 相似系数

相似系数从另外一个角度来描述多维指标空间中现实点和理想点之间的差异。假设现实点 X 的空间坐标为 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)'$, 理想点 Y 的空间坐标为 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)'$, 定义一个参数 f_{xy} , 使得现实点和理想点间差异越大 f_{xy} 越小, 现实点和理想点越接近即越相似 f_{xy} 越大, 这样一个两点之间的函数 $f_{xy} = f(x, y)$ 称为相似系数。通常, 相似系数满足条件: $0 \leq f_{xy} \leq 1$, 当现实点和理想点完全重叠时相似系数为 1。我们可以利用的相似系数主要有以下几种。

3.2.1 夹角余弦
$$f_{xy} = \cos \alpha_{xy} = \frac{\sum_{k=1}^n x_k y_k}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_k^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n y_k^2}}$$

3.2.2 相关系数
$$r_{xy} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})(y_k - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2}}$$

3.2.3 匹配系数 $f_{xy} = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$, 将多维评价指标进行两极化处理即只取 0 和 1 时, 可以利用匹配系数。其中 m_1 为匹配的指标个数即 2 个指标同时取 1 或同时取 0 的配对数, m_2 为不匹配的指标个数即 2 个指标取不同值的对数。

3.3 灰色关联度

还可以借助灰色关联度进行警限的确定和警度的划分。灰色综合评判模型如下:

$$\text{的 空} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_m \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_1^{(1)} & a_2^{(1)} & \cdots & a_n^{(1)} \\ a_1^{(2)} & a_2^{(2)} & \cdots & a_n^{(2)} \\ \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ a_1^{(m)} & a_2^{(m)} & \cdots & a_n^{(m)} \end{bmatrix} \text{划 警 限}$$

其中, r_i 为第 i 个评价方案的灰色关联度; w_k 为第 k 个评价指标的权重, 且 $\sum_{k=1}^m w_k = 1$; $a_i^{(k)}$ 为第 i 种方案的第 k 个指标与第 k 个最优指标的关联系数。

假如有经过规范化处理的原始矩阵

评 价
$$C = \begin{bmatrix} c_1^* & c_2^* & \cdots & c_m^* \\ c_1^1 & c_2^1 & \cdots & c_m^1 \\ \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ c_1^n & c_2^n & \cdots & c_m^n \end{bmatrix} \text{到}$$

其中 c_i^* 为第 i 个指标在诸方案中的最优值, c_k^i 为第 i 个方案中第 k 个指标的原始数据, 则

$$a_i^{(k)} = \frac{\min_i \min_k |c_k^* - c_k^i| + \rho \max_i \max_k |c_k^* - c_k^i|}{|c_k^* - c_k^i| + \rho \max_i \max_k |c_k^* - c_k^i|}$$

其中 $\rho \in [0, 1]$, 一般取 $\rho = 0.5$ 。

若灰色关联度 r_i 越大, 说明第 i 个评价方案与最优指标集越接近, 亦即第 i 个方案优于其他方案。因此可以根据灰色关联度 r_i 的大小来确定综合性预警指标的警限和划分相应的警度。

4 突变论方法

突变论原意指突然发生的灾难性变化, 预警系统就是要防止这种灾难性变化的发生, 因此突变论就成了确定预警指标警限大小的定量化数学方法。

突变论方法确定警限的原理是在分析预警指标变化的内在规律的基础上, 建立起数学模型, 并运用几何上的拓扑学、奇点、微分方程定性理论和稳定性数学理论, 来研究预警指标发生非连续突变的临界点即警限。突变论确定警限的优点在于理论上的严谨性和科学性, 但对数学要求很高, 数学分析非常困难, 不过突变论方法是预警指标确定警限的理想方法, 因此是我们今后努力的方向。吴延熊运用突变论方法, 从区域森林资源系统稳定性的角度, 引入熵模型, 在稳定性数理解析的基础上, 给出相应的警度划分区间^[2]。

5 专家确定法

目前, 各类预警系统确定警限多数是根据个人的主观经验确定的。针对这种实际情况, 我们提出专家确定法。这种方法依靠各个领域专家的集体智慧和经验, 对区域森林资源预警指标的警限进行判断, 判断结论的准确性取决于参加判断者的知识水平、判断能力以及经验和资料掌握的程度。为了避免少数人由于知识面不广、经验不足而造成的判断偏差, 通常采用通讯方式, 特别是采用电子邮件的方式, 征集各个领域专家的意见, 并经过多次集中和反馈意见后, 再从不同的结论中找出共同的结果。

6 结论与讨论

区域森林资源预警研究的主要目标和最终结果是预报警度, 而准确预报警度要求科学地分析各种因素对区域森林资源的影响程度, 要求建立起科学的预警指标体系, 更重要的是确定一个与预警指标体系相适应的合理尺度, 作为区域森林资源发展过程的衡量标准, 并借以判断区域森林资源的某一警素是否已经出现, 以及它的严重程度。

通常把警度划分为 4 个等级即轻警、中警、重警和巨警, 也可以划分为 3 个等级即轻警、中警和重警, 还可以采用类似交通管制的信号灯比如绿灯、蓝灯、橙灯、黄灯和红灯等的标志来表示不同等级的警度, 并根据信号指示采取相应的对策。其实, 将警度具体划分为几个等级并不是确定警度的关键, 关键在于确定某个预警指标是否有警即警限的确定。警限有时用来表示警情严重程度的等级分界线, 但这里是指某个预警指标有警和无警的临界值。警限的确定是非常困难的, 一方面区域森林资源是一个多层次、多要素和多功能的复杂系统, 不仅要考虑森林资源自身的问题, 而且要将森林资源置于整个区域环境中进行分析; 另

一方面警情的严重程度本身就是一个模糊概念,“正常”与“不正常”,“有警”与“无警”都没有明确的分界线,不仅与评价对象有关,而且与评价主体的价值观念密切相关。为此,我们给出 2 条原则性意见:其一,尽管预警指标确定警限和划分警度很困难,但还是能够采取一些手段和方法加以解决的,不过目前还没有一种方法“放之四海而皆准”,这就要求我们针对不同的预警指标采取不同的确定方法,最好能采取多种方法,综合多方面意见加以确定;其二,警限的确定和警度的划分是稳定性和动态性的统一,警限一旦确定应在一定时间尺度内保持相对的稳定,但决不是一成不变的,随着时间的推移,环境的变化,势态的发展,主次矛盾的转化而不断调整和修正。

参 考 文 献

- 1 顾海兵. 我国粮食及农业生产警度测定分析. 农业经济问题, 1991, (8): 56~60
- 2 吴延熊. 区域森林资源预警系统的研究: [博士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 1998

Wu Yanxiong (Key Laboratory of Yunnan Academy of Forest Sciences, Kunming 650204, PRC), Guo Renjian, and Zhou Guomo. Warning degree classification of regional forest resources early-warning. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 1999, 16 (1): 70~75

Abstract: Warning degree classification is one of key steps in regional forest resources early-warning. The paper puts forward 5 methods of warning threshold decision and warning degree classification, such as systematic method, control chart method, synthetic judgement method, catastrophism method and expert decision method etc. These methods will provide warning degree classification of regional forest resource early-warning with scientific way.

Key words: warning degree; early-warning; classification method; regions; forest resources early-warning system