

# 区域森林资源预警的警兆识别<sup>\*</sup>

吴延熊 张裕农 邱亦维

(云南省林业科学院重点实验室, 昆明 650204) (浙江省苍南县林业局)

周国模 郭仁鉴 陈美兰

(浙江林学院资源与环境系) (云南省林业科学院重点实验室)

**摘要** 警兆识别是区域森林资源预警的关键环节之一。提出了警兆识别的方法, 如K-L信息量法、ARIMA( $p, d, q$ )时差互相关分析法、聚类分析法、马场法和循环方式匹配法等, 为区域森林资源预警的警兆识别提供了科学手段。参1

**关键词** 区域; 森林资源预警系统; 警兆; 识别方法

**中图分类号** S757.1; Q-0

警兆又称先导指标或先行指标, 它是预警指标体系的主体, 是唯一能够直接提供预警信号的一类预警指标<sup>[1]</sup>。所谓警兆识别就是对预警指标进行时差分类、筛选, 确定其中的先行指标。在全面研究预警指标体系及其先行指标识别的方法基础上, 归纳和提出了以下几种区域森林资源警兆指标的识别方法。

## 1 K-L 信息量法

本世纪中叶, 统计学家库尔伯克和雷布莱尔提出一个信息量的概念即K-L信息量, 用以判定2个概率分布的接近程度。我们利用K-L信息量来确定预警指标的3种类型。K-L信息量的基本思想是在事先估计出参照变量 $X_t$ 在一个时间域上的概率分布后, 判断对比变量 $Y_{t+k}$ 在 $k$ 取何值时同 $X_t$ 有最接近的概率分布, 以此来确定变量 $Y$ 的类型。其基本步骤如下。

1.1 选定参照变量 $X_t$ , 取其一段, 从时间 $m$ 到 $n$ , 此时得到子序列 $(X_m, \dots, X_n)$ , 并且 $\{X_t : t \in [m, n]\} > 0$ 。令 $P_t = \frac{X_t}{\sum_{i=m}^n X_i}$ , 作为变量 $X$ 的概率分布。

收稿日期: 1998-10-20

<sup>\*</sup>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 找出变量  $Y_t$  的 1 个子序列  $\{Y_{t+k}\}$ ,  $t \in [m, n]$ ,  $k \in [-c, c]$ ,  $c$  为半周期长度。令  $Y(k) = \{Y_{t+k}\}$  的概率分布为  $Q(k) = (q_{m+k}, q_{m+1+k}, \dots, q_{n+k})$ ,  $q_{t+k} = \frac{Y_{t+k}}{\sum_{i=m}^n Y_{i+k}}$ ,  $t \in [m, n]$ 。

1.3 求  $Q(k)$  对  $P$  的 K-L 信息量:  $I(P, Q(k)) = \sum_{i=m}^n P_i \ln \frac{P_i}{q_{i+k}}$ 。从所有的  $I(P, Q(k))$  中找到  $|I(P, Q(k))|$  最小的那个  $I(P, Q(k))$ , 记为  $I(P, Q(k^*))$ 。如果  $|k^*| \leq 2$ , 表明  $Y$  与  $X$  同步; 如果  $k^* \leq -3$ , 表明  $Y$  先行于  $X$ ; 如果  $k^* \geq 3$ , 表明  $Y$  滞后于  $X$ 。

## 2 ARIMA ( $p, d, q$ ) 时差互相关分析法

ARIMA ( $p, d, q$ ) 时差互相关分析法是通过建立 ARIMA 模型分别消除序列  $X$  和  $Y$  的自相关, 然后采用简单时差互相关分析法来判定指标类型。其步骤如下。

2.1 对序列  $X$  进行  $d$  阶差分以消除趋势:  $\Delta_t = X_t - X_{t-1} = (1-B)X_t$ 。其中  $B$  称为后移算子,  $\Delta_t^2 = \Delta_t - \Delta_{t-1} = (1-B)X_t - (1-B)X_{t-1} = (1-B)^2 X_t$ ,  $\Delta_t^d = (1-B)^d X_t$ 。

2.2 在  $\Delta_t^d$  的基础上建立 ARIMA 模型:  $\Phi(B)\Delta_t^d = \theta(B)e_t$ 。其中:  $\Phi(B) = 1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \dots - \Phi_p B^p$ ;  $\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$ ;  $\Delta_t^d = (1-B)^d X_t$ 。

2.3 求出残差序列  $\{e_{x,t}\}$ 。

2.4 对  $Y$  序列重复以上步骤求出残差序列  $\{e_{y,t}\}$ 。

2.5 对序列  $\{e_{x,t}\}$  和  $\{e_{y,t}\}$  进行时差互相关分析, 以确立序列  $X$  对序列  $Y$  的关系。这时可以使用简单时差互相关分析的方法进行分析。这种方法的基本思路是: 若 2 个时间序列在时间上存在相关性, 它们之间的相关程度必定在某一时差上达到最大, 求出这个最大相关系数所具有的时差, 就可以判断 2 个序列的时差关系。

## 3 聚类分析法

在聚类分析中, 根据指标本身在“性质”上的“亲疏远近”程度来进行分类。当应用聚类分析法确定预警指标类型时, 这种“性质”就是指指标间的时差关系, 而指标间的“亲疏远近”程度则可以采用距离比如欧氏距离来描述。

设有  $n$  个指标, 记为  $X_i, i = 1, 2, \dots, n$ 。每个指标有  $m$  个观察值, 记为  $X_{ij}, j = 1, 2, \dots, m$ , 那么指标  $X_i$  与指标  $X_k$  之间的距离用  $d_{ik}$ , 表示为:  $d_{ik} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (X_{ij} - X_{kj})^2}$ 。其中除以  $m$  是为了消除观察值个数的影响。采用上式离差平方和法进行聚类, 具体步骤如下。

3.1 按  $d_{ik} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (X_{ij} - X_{kj})^2}$  计算预警指标间的距离, 得到一个距离矩阵  $D$ , 将  $D$  中距离最小的指标合并成一类。

3.2 修改距离矩阵  $D$ 。具体方法是: 设  $p$  和  $q$  两类合并成一类  $t$ 。它们包含的指标个数分别是  $n_p, n_q$  和  $n_t (n_t = n_p + n_q)$ , 其他任何一类  $r$  与  $t$  的距离  $d_{tr}$  为:  $d_{tr} = \frac{n_p + n_r}{n_t + n_r} d_{pr} + \frac{n_q + n_r}{n_t + n_r} d_{qr}$

$$- \frac{n_r}{n_t + n_r} d_{pq}$$

3.3 把修改后的距离矩阵  $D$  中的距离最小的指标类合并成一类, 重复上述步骤, 直到所有指标都成为一类为止。

3.4 将整个聚类过程画成一张图即聚类分析图, 取一个适当的距离作为聚类界线, 即可把所有指标分成所需的几类。通常将所有的预警指标分成3类。如果在某一类中有一个已知的明显的先行指标, 则可以判断这类所有指标都属于先行指标范围即警兆指标; 如果在某一类中有一个已知的明显的同步指标, 则可以判断这类所有指标都属于同步指标范畴; 剩余的一类则可以归划为滞后指标。

## 4 马场法

马场法是美国国家经济研究所在研建宏观经济预警系统时首先提出的。这种方法的基本原理是: 将每个指标序列按参照循环转折点分为9段即九段模式, 比较指标序列在各参照循环期间表现出来的一般波动特征同参照循环的波动特征的差异, 来判定指标序列属于何种指标。

在将序列按参照循环起止时期和转折点分成一系列九段模式之后, 再求出段内平均数。对同一参照循环内相邻2段比较段内平均数的大小, 后者比前者大的取“+”号, 小的取“-”号, 相等的取“=”号。如每个参照循环期的上述结果平行排列, 取在同一阶段上出现的频率在1/2以上的符号。然后再与参照循环本身各阶段上出现的符号对比, 便可判断出这个指标的类别。如果在参照循环期间指标  $X$  的9段符号序列是“++++—+”, 因为参照循环本身9段内的符号序列是“++++—”, 因此可以判定出  $X$  是先行指标。如果  $X$  在参照循环期间9段符号序列是“—++++—”, 那么  $X$  就是滞后指标。

## 5 循环方式匹配法

循环方式匹配法是依据已知循环方式对预警指标进行分类, 当预警指标的循环方式已知时, 就可以利用循环方式匹配法对预警指标进行分类, 具体步骤如下。

5.1 对每个指标进行预处理, 比如季节调整, 再求出预警指标时间序列的转折点即峰和谷, 通常也称作指标的循环行为。

5.2 确定循环方式的基本类型, 以先行、同步和滞后循环方式作为基准。

5.3 将每个指标的循环行为与作为基准的循环方式相比较, 求得匹配数。在某个时刻, 2个指标处于相同的发展趋势, 如同是上升或同是下降, 就称作一个匹配数。对一个指标, 如果与某个特定循环方式得到的匹配数最大, 就把该指标划归于这一类, 以此可以将所有的预警指标进行分类。

区域森林资源预警指标进行时差分类即先行指标、同步指标和滞后指标的划分, 特别是先行指标即警兆指标的确定方法还有很多, 比如直观的定性判断法和回归统计法等。直观的定性判断法不仅简单, 而且有时非常有效, 它主要根据专家的意见, 直接给出与某一警素密切相关的警兆指标。回归统计法也是一种比较常用的方法, 特别是在火险预警系统中应用非常普遍, 它主要根据警素与警兆指标之间的相关关系, 来筛选警兆指标。

由上可知, 区域森林资源警兆指标的确定方法已有不少, 但很难说哪种方法是最佳的, 这与具体的警素有关, 最好能够利用多种方法, 综合多方面的意见进行筛选和验证。

## 参 考 文 献

- 1 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), Zhang Yunong, Qiu Yiwei, Zhou Guomo, Guo Renjian, and Chen Meilan. Warning sign identification of regional forest resources early-warning. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 1999, 16 (1): 76 ~ 79

**Abstract:** warning sign identification is one of key steps in regional forest resources early-warning. The paper puts forward 5 methods of warning sign identification, such as K-L information accounting method, ARIMA ( $p, d, q$ ) time variables' interrelated analyses method, cluster analyses method, horse arena method and circulated matching method etc. These methods will provide warning sign identification of regional forest resource early-warning with scientific way.

**Key words:** regions; forest resources early warning system; warning sign; identification methods

## 获 奖 信 息

1. 纸浆竹林集约栽培模式研究 马乃训 江心 石全太 马灵飞 顾小平 获 1998 年国家科技进步三等奖
2. 菜用香椿和枸杞栽培技术研究 孙鸿有等 获 1998 年浙江省科技进步优秀奖, 杭州市科技进步四等奖, 浙江省林业厅科技进步一等奖, 浙江省教委科技进步二等奖
3. 杉木种子发育生理研究 管康林等 获 1998 年浙江省科技进步优秀奖, 浙江省林业厅科技进步三等奖
4. 森林资源管理优化技术研究 郭仁鉴等 获 1998 年浙江省林业厅科技进步三等奖
5. 浙江省食虫鸟类生态学及利用研究 朱曦等 获 1998 年浙江省教委科技进步三等奖

(凌申坤)