

区域森林资源系统稳定性的预警分析^{*}

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 在稳定性概念和类型讨论的基础上, 给出系统产出扰动度(D_o)、系统输入扰动度(D_i)和系统产值优势度(D_v)等10个区域森林资源系统稳定性评价指标。同时, 给出系统稳定性预警分析的基本思路, 并指出系统稳定性预警策略应由指标预警转向模型预警。图1参4

关键词 预警; 区域; 森林资源预警系统; 稳定性; 评价

中图分类号 S757.1; Q-0

稳定性对于任何一个系统都非常重要, 不稳定通常会产生自发的灾变。区域森林资源预警系统的研究目标就是要预报和预防这种灾变的发生。人们对区域森林资源系统控制的目的就是要使区域森林资源系统在状态空间中的描述点保持在一定的许可区间内。预警系统却如其分地体现了这种系统控制目的, 而系统的稳定性就是描述和度量这种控制目的的一个基本概念。

1 稳定性的概念和类型

稳定性是对受外界干扰的区域森林资源系统振荡的幅度和频率, 恢复的过程和时间的辨识, 是指受外界干扰后, 系统抵抗偏离初始态的能力和通过内部调节恢复到初始态的能力。稳定性是森林资源系统生产力可靠性和恒定性的反映, 也是系统缓冲能力的反映, 还是系统自组织、自调节和自适应性的集中反映。稳定性概念可以用数学语言表达为 $\lim_{t \rightarrow \infty} |\Delta x(t)| < \epsilon$ 。其中 $\Delta x(t)$ 是系统被调量与平衡的偏差值, ϵ 是任意小的规定量。

区域森林资源系统稳定性的类型很多, 这是因为系统对外界干扰的反应和恢复过程各不相同。其类型主要有: 持久稳定性, 即系统对干扰影响的反作用强烈, 在干扰发生后短时间内或正在面临干扰时, 也能维持或接近系统原来的状态; 阻尼稳定性, 即系统遭到干扰时, 自行增强抗干扰能力, 系统状态只发生微小的振荡, 便迅速恢复原状; 循环稳定性, 即系统

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

受到干扰后,表现出较大振幅的循环振荡;弹性稳定性,即受到干扰后,表现出大振幅的循环,当干扰因素消除后,系统逐渐恢复到原来状态^[1]。

2 稳定性的评价

稳定性问题很早引起人们注意, Clements 和 Shelford (1939), Odum (1953) 和 MacArthur (1955) 等人对生态系统稳定性问题进行过研究^[2], 但 70 年代中期以前,主要集中在稳定性的一般理论研究。稳定性评价活动始于 70 年代, Gardner (1970) 等人提出测度稳定性的连接度概念^[3]。O. Neill (1976) 对苔原、池塘等 6 个不同生态系统受干扰后返回平衡点的时间作过定量测度。稳定性评价指标主要有恒定度、持久度、脆弱度、惯性、弹性和振幅等,但是用于定量评价区域森林资源系统稳定性的指标却很少。我们初步归纳总结出区域森林资源系统稳定性评价指标 10 个。

2.1 系统产出扰动度 (D_O)

$D_O = \sum |T - T_i| / (nT)$ 。其中 n 为计算期年数, T_i 为计算期内第 i 年产出量, T 为计算期内平均年产出量。

2.2 系统输入扰动度 (D_I)

$D_I = \sum (C - C_i) / (nC)$ 。其中 n 为计算期年数, C 为计算期平均输入量, C_i 为计算期第 i 年输入量。

2.3 系统产值优势度 (D_V)

$D_V = \sum_{i=1}^{\omega} (n_i / N)^2$ 。其中 n_i 为第 i 子系统产值(量), N 为系统总产值(量), ω 为系统内子系统个数。

2.4 稳定性综合指数 (C_S)

$C_S = - \sum_{i=1}^{\omega} (P_i / \ln P_i)$ 。其中 P_i 为第 i 年子系统产值优势度, N 为系统总产值, n_i 为第 i 子系统产值, ω 为系统子系统个数。

2.5 系统产值离异度 (A_V)

$A_V = \sqrt{\omega \sum P_i^2 - 1} / \omega$; $p_i = n_i / N$ 。其中 P_i 为第 i 年子系统产值优势度, N 为系统总产值, n_i 为第 i 子系统产值, ω 为系统子系统个数。

2.6 系统受容度 (T_S)

$T_S = B / K$ 。其中 B 为系统生物量, K 为系统生物容纳量。

2.7 系统产值振动度 (V_V)

$V_V = (\max P - \min P) / \bar{P}$ 。其中 P 为系统年产值, \bar{P} 为计算期平均年产值(量)。

2.8 交叉替代结构可塑性 (P_S)

$P_S = \frac{Q_{x2} - Q_{x1}}{Q_{x1}} / \frac{P_{y2} - P_{y1}}{P_{y1}}$ 。其中 Q_{x1} 为结构组分 x 的期初量, Q_{x2} 为结构组分 x 的期末量, Q_{y1} 为结构组分 y 的期初量, Q_{y2} 为结构组分 y 的期末量。

2.9 收入弹性系数 (E_I)

$E_I = \frac{\Delta R}{R} / \frac{\Delta C}{C}$ 。其中 R 为现期收入, C 为现期成本, Δ 为现期与基期之差。

2.10 输出弹性系数 (E_O)

$E_O = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} / \frac{P_2 - P_1}{P_1}$ 。其中 Q_1 为期初输出量, Q_2 为期末输出量, P_1 为期初价格, P_2 为期末价格。

3 稳定性的预警

区域森林资源系统是一个非平衡开放系统, 其物质循环、能量流动和信息传递能较长时间地保持稳定状态, 并对内部和外部的干扰有一负反馈机制, 使得干扰不致破坏系统的稳定性, 但当这种干扰超过其所能忍受的阈值时, 系统就会崩溃瓦解即发生突变。这种突变需要预先报警, 而突变论又为预警的实现提供了量化的数学手段^[4]。

区域森林资源系统是一个动态的复杂系统, 总是处在动态的发展变化过程中; 而且在一定的时间和相对稳定的条件下, 总是趋向稳定有序的发展方向即在动态中维持平衡。区域森林资源系统的不稳定因素不计其数, 但主要来自 2 个方面: 其一是系统内部自激的不稳定因素, 其二是环境施加的干扰因素。这 2 类因素的迭加和积分迫使区域森林资源系统的状态发生变化。如果这种变化发生在一定的阈值内, 系统通过与环境的物质、能量和信息的交换, 通过内部的自组织和自调节可以恢复到原始状态, 并使系统向稳定有序的方向发展; 如果这种变化超过一定的阈值, 也就是突破稳定性的临界点, 就会引起区域森林资源系统的生物量下降、生产力衰退、结构功能失调、物质循环和能量变换受阻, 最终导致系统的歧化, 退化、甚至崩溃。

区域森林资源系统稳定性的临界点就是预警系统中需要确定的警限即有警或无警的分界线, 它是预警分析的核心和焦点。区域森林资源系统稳定性的预警分析如图 1 所示。

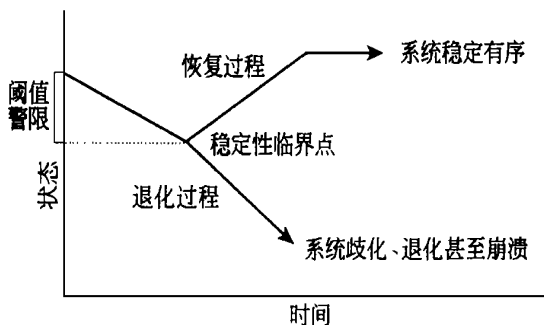


图 1 稳定性的预警分析示意

Figure 1 Early-warning analysis diagram of stability

4 结论与讨论

尽管上面提出了这些可以量化的区域森林资源系统稳定性的评价指标, 但目前要想通过它们进行区域森林资源的预警还非常困难。这是因为这些稳定性评价指标的完备性、科学性和灵敏性很难得到保证, 特别是警限的确定非常棘手。通过稳定性评价指标对区域森林资源

预警成功的基础是对稳定性评价指标理论的深入分析和实践的广泛应用, 然而目前区域森林资源系统稳定性的理论分析还没有得到重视, 实践应用还没有展开。因此区域森林资源稳定性的预警分析与发展可持续性的预警分析应采取不同的策略, 即由指标预警转向模型预警。

参 考 文 献

- 1 中国自然资源研究会青年协会编. 自然资源评价与决策研究. 北京: 科学出版社, 1990. 159~162
- 2 Macarthur R. Fluctuations of animal populations and a measurement of community stability. *Ecology*, 1955, 12 (2): 36~37
- 3 Gardner M R. Daary, Connectance of large dynamical (cybernetics) systems. *Nature*, 1970, 21 (3): 228~229
- 4 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. Early-warning analysis of the stability of regional forest resources system. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 1999, 16 (1): 66~69

Abstract: Based on the discussion of system's concept and types, the paper puts forward 10 indicators of regional forest resources system's stability, such as degree of system output disturb (Do), degree of system input disturb (DI) and degree of system value dominance (DV) etc. The basic outline of early-warning analyses of system stability is meantime discussed. The authors think that the early-warning strategy change of system stability is from indicators' early-warning to model's early-warning.

Key words: early-warning; regions; forest resources early-warning system; stability; evaluations