

# 吉林省达乌尔黄鼠种群动态分析\*

李仲来

(北京师范大学数学系 北京 100875)

李书宝 周方孝

(吉林省地方病第一防治研究所 白城 137000)

**摘要** 根据吉林省 14 个区县市 1953~1994 年达乌尔黄鼠密度监测资料,利用折线回归求出黄鼠密度转变年份和动态模型,得到结论。42 年的黄鼠密度分为 2 个阶段,1953~1954 年为黄鼠密度从原始状态经灭鼠后迅速下降阶段;1955~1994 年为黄鼠平均密度稳定在 1 只/hm<sup>2</sup> 以下阶段。最后,用移动平均数法和折线回归对黄鼠密度进行了预测。

**关键词** 达乌尔黄鼠密度 种群动态 折线回归模型

达乌尔黄鼠(*Citellus dauricus*, 简称黄鼠)是我国北方主要害兽之一,其分布达 12 个省、市和自治区<sup>[1]</sup>;是传播鼠疫动物病的主要宿主之一。关于黄鼠数量的变动已经做过一些研究<sup>[2~5]</sup>,但在持续灭鼠后(一般在每年 4~5 月灭鼠),黄鼠种群长期变动趋势的研究极少,其主要原因是缺少大量的野外监测资料<sup>[6]</sup>。本文

对此进行研究。

## 1 材料与方 法

样地选在吉林省西部,松辽平原中部,其

---

\* 国家自然科学基金资助项目(39570638);

第一作者介绍:李仲来,男,44 岁,副教授;

收稿日期:1996-07-16,修回日期:1996-11-25

范围大体在嫩江、第二松花江、拉林河以南,东辽河流域以北,伊通河、卡伦河以西,西北与西部与内蒙古草原接壤。位于  $121^{\circ}54' \sim 126^{\circ}41' E$ ,  $43^{\circ}5' \sim 46^{\circ}20' N$ 。根据土壤、地形、植被将调查区划分为 3 种地理景观区:(1) 低山丘陵漫岗典型草原景观区;(2) 松辽平原草甸草原景观区;(3) 西辽河风沙草原景观区。主要啮齿动物有黄鼠、黑线仓鼠 (*Cricetulus barabensis*)、小家鼠 (*Mus musculus*)、褐家鼠 (*Rattus norvegicus*)、东方田鼠 (*Microtus fortis*)、黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*)、草原黝鼠 (*Myospalax psilurus*) 等。

**1.1 材料** 以 1953~1994 年(缺 1969~1970 年资料)吉林省 12~14 个县、市、区(洮北区、镇赉县、洮南市、大安市、通榆县、扶余区、前郭县、乾安县、长岭县、四平市、双辽县、公主岭市、农安县、榆树市,1981 年后无四平市和榆树市资料)每年 4 月中旬的黄鼠密度调查数据为基本资料。选用 4 月中旬的调查资料是因为黄鼠在该地区出蛰期为 3 月底至 4 月中下旬,4 月中旬已基本出蛰,而 4 月下旬后黄鼠转入另一生态期。监测以县为单位,实际流动与固定监测相结合,固定监测点监测面积约为  $10\ 000\text{hm}^2$ ,流动监测点监测面积约  $2\ 500\text{hm}^2$ ,根据地貌、植被划分地理生境,划分方法为:根据该监测区内 1:25 000 比例尺地形图,室内放大成 1:10 000 比例尺地形图,然后到野外踏查实测,按地貌植被划分生境,分别计算各类生境面积,然后以各类生境面积按 0.5% 分层抽样,每年调查的环境一致。样方以  $1\text{hm}^2$  为单位。采用一天弓形缺法调查黄鼠数量,并计算各类生境黄鼠密度,然后算出监测点的密度平均值(见表 1)。每年调查  $(\bar{x} \pm s_{\bar{x}}) = (1\ 934 \pm 243)\text{hm}^2$ ;其中 1953~1956 年、1957~1966 年、1967~1976 年、1977~1994 年各段调查样方  $(\bar{x} \pm s_{\bar{x}})$  依次为  $(287 \pm 213)\text{hm}^2$ 、 $(3\ 161 \pm 357)\text{hm}^2$ 、 $(2\ 202 \pm 922)\text{hm}^2$ 、 $(1\ 500 \pm 92)\text{hm}^2$ 。

**1.2 方法** 从表 1 可看出,1953~1955 年黄鼠种群动态呈明显下降趋势,其后密度比较平稳,尤其是 1975 年以后,黄鼠密度均在 1

只/ $\text{hm}^2$  以下。如采用直线模型描述黄鼠种群动态,剩余平方和  $Q = 313$ ,显著性检验  $F = 4.10 = F_{0.05}(1, 38)$  恰为临界值,这给我们下结论带来了困难;如采用指数模型,用 Dud 法<sup>[7]</sup> (Doesn't use derivatives) 估计各参数,模型为  $N = \exp(7.2470 - 1.4334t)$ ,剩余平方和  $Q = 17.2609$ ,但 1955 年后密度拟合很差。实际上,黄鼠种群动态可分为两部分。但一般的拟合方法是将数据分为两部分,然后分段进行拟合。这将带来以下问题:一是如何分段,人为的方法难免带有强烈的主观色彩;二是如采用人为分段,则求出的模型在转变点一般不连续,由于在变点连续的表达式未找到,只能采用逐步修正法<sup>[8]</sup>,这样求出的参数一般不是最优解。为此,我们先给出在转变点  $t_c$  连续的表达式,然后给出一种估计参数的方法,并对黄鼠密度进行模拟。

表 1 达乌尔黄鼠密度(只/ $\text{hm}^2$ )

年份	密度	年份	密度	年份	密度	年份	密度
1953	19.02	1963	0.53	1975	0.14	1985	0.65
1954	4.80	1964	0.33	1976	0.19	1986	0.70
1955	0.51	1965	0.31	1977	0.76	1987	0.57
1956	0.06	1966	0.11	1978	0.91	1988	0.73
1957	0.68	1967	0.05	1979	0.76	1989	0.74
1958	0.65	1968	0.95	1980	0.55	1990	0.60
1959	1.11	1971	0.29	1981	0.49	1991	0.53
1960	1.13	1972	0.50	1982	0.81	1992	0.59
1961	0.85	1973	0.53	1983	0.75	1993	0.56
1962	0.79	1974	1.40	1984	0.66	1994	0.60

对  $n$  组数据  $(t_i, N_i)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), 其中  $t_1 < t_2 < \dots < t_n$ , 对转变点  $t_1 < t_c < t_n$ , 折线模型为:

$$N = \begin{cases} a_1 + b_1 t & t < t_c \\ a_2 + b_2 t & t \geq t_c \end{cases} \quad (1)$$

且满足

$$a_1 + b_1 t_c = a_2 + b_2 t_c \quad (2)$$

由于折线模型(1)可表示为:

$$N = a_1 + b_1 t + c_1(t - t_c)H(t - t_c) \quad (3)$$

其中  $a_1, b_1, c_1, t_c$  为待估参数,  $t_c$  为转变点,

$$H(t - t_c) = 0, t < t_c;$$

$$H(t - t_c) = 1, t \geq t_c$$

$$c_1 = b_2 - b_1, a_2 = a_1 - (b_2 - b_1)t_c$$

显然, 由(1)可导出(3)且满足约束条件(2), 反之亦然。

其次, 考虑(3)的参数估计。显然, (3)在  $t_c$  点的导数不存在(左右导数均存在)。因此, 凡涉及求导的曲线参数估计方法均不能用。我们利用 Dud 法确定(3)式各参数。

利用 1955~1994 年黄鼠密度, 采用 5 点移动平均数法进行预测。

$$N_{t+1} = (N_t + N_{t-1} + \dots + N_{t-4})/5$$

## 2 结果与讨论

**2.1 基本统计分析** 除 1969~1970 年外, 吉林省黄鼠密度已监测 40 多年。灭鼠工作始于 1953 年, 有计划开展根除鼠疫疫源工作, 则始于 1958 年<sup>[9]</sup>。由表 1, 鼠密度 ( $\bar{x} \pm s$ ) = (1.172 3 ± 2.983 0) 只/hm<sup>2</sup>; 由于鼠密度大于  $\bar{x}$  仅有 3 年, 因此, 均值不能反映种群密度集中趋势。因灭鼠前后鼠密度变化剧烈, 且最高年份(1953)密度 19.02 是最低年份(1967)密度 0.05 的 380 倍, 故变异系数  $cv = 254.46\%$  很大。

**2.2 折线回归模型** 由表 1, 1953~1954 年黄鼠密度依次为 19.02 只/hm<sup>2</sup>、4.80 只/hm<sup>2</sup>, 明显高于 1955~1994 年后的平均密度  $\bar{x} = 0.607 1$  只/hm<sup>2</sup>。将密度按 0.5 只/hm<sup>2</sup> 等间隔划分, 则在 0~0.5 只/hm<sup>2</sup>、0.5~1.0 只/hm<sup>2</sup> 分别为 8 年、27 年, 在 1.0~1.5 只/hm<sup>2</sup>、4.5~5.0 只/hm<sup>2</sup>、19.0~19.5 只/hm<sup>2</sup> 依次为 3 年、1 年、1 年, 其余密度划分的年份为 0 年, 故 35 年的密度在 1 只/hm<sup>2</sup> 以下。从总体考虑, 我们试图找出种群转折年份。为此, 考虑折线回归模型, 为方便, 将年份减去 1950, 得年份编号顺序为 3~44。黄鼠密度折线模型

$$N_t = 61.680\ 000 - 14.220\ 000t + 14.221\ 585(t - 4.297\ 140)H(t - 4.297\ 140) \quad (4)$$

$$= \begin{cases} 61.680\ 000 - 14.220\ 000t & t < 4.297\ 140 \\ 0.567\ 855 + 0.001\ 585t & t \geq 4.297\ 140 \end{cases}$$

剩余平方和  $Q = 3.139\ 7$ 。

由(5)看到, 42 年的鼠密度波动分为两个阶段: 经 1953~1954 年灭鼠后, 鼠密度明显下降; 1955~1994 年鼠密度呈持续稳定阶段 ( $\bar{x} \pm s_x$ ) = (0.607 1 ± 0.047 6) 只/hm<sup>2</sup>, 其主要原因是由于持续、大面积以防治鼠疫为目标进行灭鼠, 使鼠密度控制在一个较低的不足危害的水平。

**2.3 预测** 80 年代, 鼠密度监测逐渐正规化。对黄鼠密度时间序列, 我们可采用较复杂的方法对密度进行预测, 但简单的移动平均数法已能反映密度动态, 故更复杂的方法讨论略。

利用移动平均数法, 对黄鼠密度进行预测: 1961~1990 年预测值略。1991~1994 年预测值依次为 0.67 只/hm<sup>2</sup>、0.63 只/hm<sup>2</sup>、0.64 只/hm<sup>2</sup>、0.60 只/hm<sup>2</sup>, 1995 年预测值为 0.58 只/hm<sup>2</sup>, 监测值为 0.66 只/hm<sup>2</sup>, 相对误差 12%。如用(4)式预测: 1995 年预测值为 0.64 只/hm<sup>2</sup>, 相对误差 9%。

## 参 考 文 献

- 王玉玺, 张淑云. 中国兽类分布名录. 野生动物, 1993, (3): 6~11.
- 费荣中, 李景原, 商志宽等. 达乌尔黄鼠的生态研究. 动物学报, 1975, 21(1): 18~29.
- 张赫武. 达乌尔黄鼠种群年龄研究. 动物学杂志, 1977, 12(3): 33~34.
- 罗明澍, 钟文勤. 达乌尔黄鼠种群生态的一些资料. 动物学杂志, 1990, 25(2): 50~54.
- 米景川, 王成国. 达乌尔黄鼠空间分布型及其应用. 兽类学报, 1990, 10(4): 282~286.
- Jassby, A. D., T. M. Powell. Detecting changes in ecological time series. *Ecology*, 1990, 71: 2 044~2 052.
- Ralston, M. L., R. I. Jennrich. Dud, a derivative-free algorithm for nonlinear least squares. *Technometrics*, 1978, 20(1): 7~14.
- 陈希孺. 变点统计分析简介. 数理统计与管理, 1991, (2): 55~58.
- 贺建国. 关于根除鼠疫的探讨. 中华流行病学杂志, 1982, 3(鼠疫论文专刊), 11~14.