

# 9 种啮齿动物骨骼形态的模糊聚类分析

赵天飙 李新民 范蒙光

(内蒙古流行病防治研究所 呼和浩特 010031)

**摘要** 本文应用相关系数对 9 种啮齿动物的骨骼形态进行模糊聚类分析,所用公式为:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^N (X_{ik} - \bar{X}_i) \cdot (X_{jk} - \bar{X}_j)}{\left[ \sum_{k=1}^N (X_{ik} - \bar{X}_i)^2 \cdot \sum_{k=1}^N (X_{jk} - \bar{X}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

式中:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_{ik} \quad \bar{x}_j = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_{jk}$$

$$i, j = 1, 2, \dots, 33; \quad N = 1, 9;$$

结果表明: 聚类分析是一种适合于啮齿动物骨骼形态的数量分类方法。可用于探讨属、种间的亲缘关系。

**关键词** 啮齿动物 骨骼形态 模糊聚类

模糊聚类是应用模糊等价关系将给定对象分为一些等价类。这一方法目前已广泛应用于生态学的研究, 而运用于啮齿动物的分类研究至今尚未见报。我们将隶属 2 目 3 科 4 属 9 个种啮齿动物各 10 只制成骨骼标本, 然后取其躯干骨和四肢骨的 33 个指标进行模糊聚类分析, 以探讨其分类地位和属种间的亲缘关系。结果表明: 这一方法和经典分类是完全吻合的, 同时弥补了经典分类在探讨属种间亲缘关系方面的不足。

## 1 标本的采集与测量

采集 9 种动物标本各 10 只。草原鼠兔 (*Ochotona daurica*), 采自内蒙古二连浩特市的齐哈日格图; 蒙古鼠兔 (*O. pallasi*), 采自二连浩特市东北部的雷达站附近; 大沙鼠 (*Rhombomys opimus*), 采自内蒙古四子王旗江岸大队; 子午沙鼠 (*Meriones meridianus*), 采自伊克昭盟的鄂托克前旗; 长爪沙鼠 (*M. unguiculatus*), 采自二连浩特市的齐哈日格图; 草原黄鼠 (*Spermophilus dauricus*), 采自哲里木盟的扎鲁特旗; 赤颊黄鼠 (*S. erythrognus*), 采自四子王旗江岸大队; 长尾黄鼠 (*S. undulatus*), 采自新疆维吾尔自治区乌苏县古尔图; 阿拉善黄鼠 (*S. dauricus alaschanicus*), 采自宁夏回族自治区海原县红羊乡。有关测量方法参照吴汝康等《人体骨骼测量方法》一书。

## 2 模糊聚类

**2.1 指标的选取** 将 9 种啮齿动物的骨骼标本各 10 只进行 33 个指标的测量, 对每个指标求 10 只标本的平均值(见表 1), 组成  $9 \times 33$  的原始数据矩阵  $X'_{ik}$ 。为了消除量纲的影响, 采

用如下公式进行标准化:

$$X'_{ik} = \frac{X'_{ik} - \bar{x}_k}{S_k}$$

$$i = 1, 2, \dots, 33; k = 1, \dots, 9;$$

式中:

$$\bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'_{ik}$$

$$S_k = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X'_{ik} - \bar{x}_k)^2}$$

$\bar{x}_k, S_k$  为各项指标的平均值和标准差。

**2.2 模糊聚类** 以相关系数公式即:

$$r'_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^N (X_{ik} - \bar{x}_i) \cdot (X_{jk} - \bar{x}_j)}{\sum_{k=1}^N (X_{ik} - \bar{x}_i)^2 \cdot \sum_{k=1}^N (X_{jk} - \bar{x}_j)^2}$$

$$N = 1, 9;$$

$$i, j = 1, 2, \dots, 33;$$

计算种间相关系数, 并令

$$r''_{ij} = \frac{(1 + r'_{ij})}{2}$$

则有  $0 \leq r''_{ij} \leq 1$ , 由此建立模糊关系矩阵  $R''$  (见表 2)。

这样  $R$  满足:

**2.2.1 自反性**

$$r''_{ii} = 1 \quad (i, j = 1, 2, \dots, 33;)$$

**2.2.2 对称性**

$$r''_{ij} = r''_{ji} \quad (i, j = 1, 1, \dots, 33;)$$

为了使  $R$  满足

**2.2.3 传递性**  $R \circ R \subseteq R$

则令  $R$  进行自身合成运算, 使得

$$R^{2L+1} = R^{2L}$$

从而得到模糊等价关系矩阵  $R^*(R^* = R^L$  见表 3)。

表 1 9种啮齿动物 33 个指标平均值 (单位: mm)

种名 指标	1 草原鼠兔	2 蒙古鼠兔	3 大沙鼠	4 长爪沙鼠	5 子午沙鼠	6 草原黄鼠	7 赤颊黄鼠	8 长尾黄鼠	9 阿拉善黄鼠
肩胛骨长	22.23	27.87	18.07	13.73	14.13	20.26	21.95	26.76	23.07
肩胛骨宽	14.02	18.15	13.93	8.82	9.73	12.08	13.74	13.74	14.15
肱骨长	23.52	30.74	20.88	14.62	14.93	25.61	24.46	33.02	27.33
尺骨长	24.00	28.72	24.16	20.64	20.52	28.36	31.29	34.23	31.61
桡骨长	19.23	22.46	22.43	15.39	17.16	22.72	24.07	27.17	24.79
胸廓前口背腹径	4.92	5.17	4.40	2.67	3.32	6.29	6.61	9.76	6.55
胸廓前口横径	6.96	10.14	11.71	7.28	7.26	9.69	10.95	10.49	10.54
胸廓后口背腹径	20.78	19.81	16.60	13.08	12.38	24.76	27.56	32.00	24.19
胸廓后口横径	36.79	49.54	47.31	29.91	31.35	32.80	35.38	49.54	40.39
颈椎长	22.48	22.74	11.90	9.47	7.62	17.28	16.86	20.54	16.63
胸椎长	58.83	68.55	29.29	19.29	20.36	48.52	47.40	56.39	49.22
腰椎长	21.89	24.81	38.07	24.37	25.78	46.74	47.76	52.23	44.59
荐椎长	15.12	18.43	17.01	13.47	13.48	14.07	18.09	21.88	13.70
尾椎长	19.48	19.06	127.60	95.14	91.71	47.64	43.67	110.93	71.82
腰带长	27.84	34.83	37.47	22.04	23.48	30.75	32.89	38.95	33.44
腰带宽	18.12	20.65	18.05	12.92	13.50	18.40	21.76	24.53	20.92
骨盆联合长	2.80	3.60	6.46	4.91	5.40	6.54	5.86	7.83	6.32
骨盆联合宽	3.60	7.85	4.61	2.72	3.04	3.26	4.28	5.39	3.94
荐髂联合长	7.55	8.57	9.30	7.47	7.67	8.41	10.85	10.65	8.72
耻骨长	7.28	8.90	14.46	10.62	10.46	9.48	12.78	12.20	12.29
坐骨长	10.77	13.04	14.00	9.30	8.92	10.52	11.21	14.17	11.46
髌骨长	15.29	19.66	19.39	12.84	12.56	18.40	20.07	22.54	20.64
髌骨宽	6.82	7.14	5.01	3.71	3.74	4.33	5.67	7.05	5.23
骨盆入口横径	6.58	11.20	10.62	7.76	8.50	11.16	11.75	12.87	11.57
骨盆入口纵径	15.87	18.73	21.66	14.01	13.24	19.50	23.01	26.34	21.13
坐骨弓高	7.46	8.58	11.94	10.53	11.39	11.83	11.94	14.28	13.17
坐骨弓宽	5.51	9.69	13.14	8.70	8.51	10.72	13.53	13.10	11.59
髓弓间宽	11.01	17.08	16.00	11.24	12.39	14.38	17.25	19.43	16.16
闭孔长	5.36	7.19	11.22	6.87	7.07	8.91	10.16	11.18	10.09
闭孔宽	2.96	4.43	5.47	3.45	3.77	5.64	5.83	6.37	6.93
股骨长	28.00	33.68	31.13	22.21	23.44	31.96	32.84	38.02	33.71
胫骨长	32.28	37.38	35.05	26.97	29.12	31.44	32.18	41.87	35.39
腓骨长	12.80	17.75	13.53	9.35	9.33	14.23	15.87	17.84	15.54

表 2 模糊关系矩阵  $R$

1	1.000								
2	0.853	1.000							
3	0.207	0.325	1.000						
4	0.251	0.172	0.780	1.000					
5	0.202	0.168	0.796	0.966	1.000				
6	0.436	0.359	0.427	0.567	0.566	1.000			
7	0.344	0.357	0.527	0.491	0.478	0.785	1.000		
8	0.464	0.393	0.491	0.454	0.471	0.649	0.620	1.000	
9	0.397	0.387	0.608	0.603	0.613	0.902	0.736	0.693	1.000
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 3 模糊等价关系矩阵  $R^* = R^2$

1	1.000								
2	0.853	1.000							
3	0.464	0.464	1.000						
4	0.464	0.464	0.780	1.000					
5	0.464	0.464	0.780	0.966	1.000				
6	0.464	0.464	0.613	0.613	0.613	1.000			
7	0.464	0.464	0.613	0.613	0.613	0.785	1.000		
8	0.464	0.464	0.613	0.613	0.613	0.649	0.649	1.000	
9	0.464	0.464	0.613	0.613	0.613	0.902	0.785	0.649	1.000
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

以上运算过程利用 FORTRAN 77 语言编制程序,在 M-150 机上完成。

### 3 结果与讨论

根据  $R^*$  分别由大到小取  $\lambda$  值得到 9 种啮齿动物骨骼形态的动态聚类图(见图 1)。

3.1 当  $\lambda$  取 0.613 时,可以将 9 种啮齿动物明显地分为 [1, 2]、[3, 4, 5]、[6, 7, 8, 9]三个大组,正好反映了鼠兔、沙鼠及黄鼠三大类群;当  $\lambda$  值小于 0.649 时可将 9 种啮齿动物分为鼠兔属 (*Ochotona*)、大沙鼠属 (*Rhombomys*)、沙鼠属 (*Meriones*)、黄鼠属 (*Spermophilus*) 4 个属。

3.2 图 1 还很好地反映了 4 个属及种间的亲缘关系(见图 2)。大沙鼠属和沙鼠属关系最近,与这两个属关系较远的是黄鼠属,最远的是

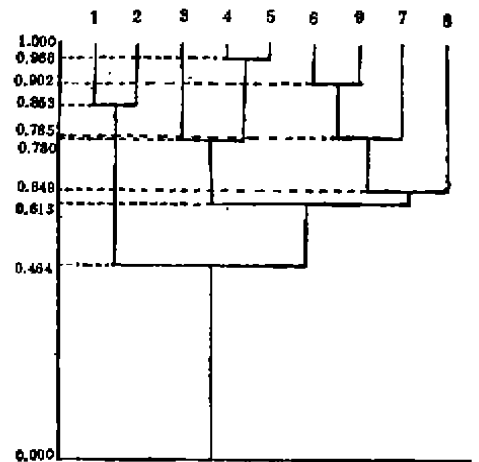


图 1 动态聚类图

鼠兔属。从黄鼠属来看,长尾黄鼠的个体大小与其它黄鼠存在着明显的差异,所以它和其它黄鼠的关系也较远,赤颊黄鼠居次,草原黄鼠和

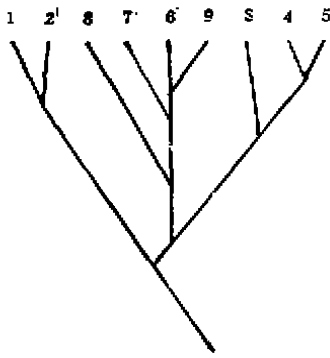


图2 9种啮齿动物的亲缘关系

1.蒙古鼠兔; 2.草原鼠兔; 3.大沙鼠; 4.长爪沙鼠; 5.子午沙鼠; 6.草原黄鼠; 7.赤颊黄鼠; 8.长尾黄鼠; 9.阿拉善黄鼠。

阿拉善黄鼠的关系最近。这一结果同经典分类方法的结果是完全吻合的。

3.3 阿拉善黄鼠的分类地位问题一直是国内外专家学者争论的问题,有的学者认为阿拉善黄鼠为独立的种 (Бихнер 1884, Формозов 1927, Бавников 1953, 郑涛等<sup>[1]</sup>);有的作者认

为应是草原黄鼠的阿拉善亚种 (Allen)<sup>[2]</sup>,Кызылов 1964、寿振黄<sup>[3]</sup> 和 Ellerman<sup>[4]</sup> 还将其归属于 *Citellus citellus*, 可见阿拉善黄鼠分类地位的混乱。根据聚类分析的结果,我们认为阿拉善黄鼠应为草原黄鼠的阿拉善亚种 *Spermophilus dauricus alaschanicus* 更为合适。是否妥当,有待大家进一步商榷。

致谢 本文程序编制及计算得到内蒙古师范大学硕士研究生赵永清同志的帮助,谨表感谢!

参 考 文 献

- 1 郑涛,王香亭。兰州大学学报(自然科学版),1986,25(2):124—128。
- 2 Allen G.M. The Mammals of China and Mongolia. Nat. Hist Asia, New York. 1940. 10:668—708.
- 3 寿振黄。中国经济动物志——兽类。科学出版社,1964,131。
- 4 Ellerman J.R. & T. C. S. Morrison-Scott. Checklist of Palaearctic and Indian Mammals, 1758—1946. Brit. Mus. (Nat.Hist.), 1951:506.

THE FUZZY CLUSTER ANALYSIS OF SKELETAL FORMS OF NINE SPECIES OF RODENTS

ZHAO Tianbiao Li Xinmin FAN Mongguang

(Research Institute of Epidemic Diseases of Inner Mongolia, Huhhot 010031)

ABSTRACT A fuzzy cluster analysis of skeletal forms of 9 species of rodents with coefficient of correlation was made in the present paper. The formula used is:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^N (X_{ik} - \bar{X}_i) \cdot (X_{jk} - \bar{X}_j)}{\left[ \sum_{k=1}^N (X_{ik} - \bar{X}_i)^2 \cdot \sum_{k=1}^N (X_{jk} - \bar{X}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

In the formula:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_{ik} \quad \bar{X}_j = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_{jk}$$

$$i, j = 1, 2, \dots, 9; \quad N = 1, 9;$$

The result shows that the fuzzy cluster is suitable for the quantitative classification of skeletal forms of rodents. This method can be used for investigating the kinship in genera and species.

Key words Rodents Skeletal forms Fuzzy cluster