中国主要河流鱼类分布及其种类多样性 与流域特征的关系

王寿昆

(福建农业大学动物科学系, 福州 350002)

摘 要 对中国 13 条主要河流淡水鱼类分布进行的系统聚类分析结果表明, 分异最小的是闽江与九龙江。瓯江与钱塘江、淮河与黄河、东北的水系分别较早聚为一类。相异系数在 0.60~0.69 时分为三类: 东北的水系、黄河到珠江间的水系和云南的元江。淡水鱼种类数与流域特征的相关和回归分析揭示了: 鱼种数分别与河流流域面积、年平均流量呈显著或极显著的正相关, 单位干流长和单位流域面积的鱼种类数分别与河流径流深、比降呈显著或极显著的正相关, 而与河流平均纬度呈显著负相关。主成分分析得到的第一和第二主成分分别综合反映了河流鱼种类数和相对种类数与河流特征值的关系。

关键词 河流, 淡水鱼类, 地理分布, 流域特征, 统计分析

The distribution of freshwater fish and the relationship between species diversity and basin characteristics of main rivers in China/ Wang Shoukun// CHINESE BIODIVERSITY. —1997, 5 (3): 197~201

The cluster analysis of distribution of the freshwater fish of 13 rivers in China was dealt with. The results showed that the geographical variations of freshwater fish of Minjiang River and Jiulong River were the lowest. The Oujiang River and Qiantang River, Huaihe River and Huanghe River, and the rivers in Northeast China were clustered together early respectively. When coefficients of dissimilarity were 0.60~0.69, 13 rivers were divided into 3 clusters: the rivers of Northeast China, rivers between Huanghe River and Zhujiang River, Yuanjiang River of Yunnan Province. The effects of the characteristics of the river basin on species numbers of freshwater fish had been studied by using correlations and regression analysis. There were positive significant correlation among the diversity of freshwater fish species and the drainage area of the rivers ($P < 0.05$), the discharge of the rivers per year averagely ($P < 0.01$) respectively. The diversity of fish species of the river per unit area and per unit length of mainstream related positively with the runoff and the falling gradient of the rivers ($P < 0.01$) respectively and related negatively with the average latitudes of the rivers ($P < 0.05$). The result of PCA showed that 1st and 2nd principal components revealed correlations among absolute and relative numbers of fish species and the characteristics of the river basin respectively.

Key words rivers, freshwater fish, geographical distribution, basin characteristics, statistical analysis

Author's address Department of Animal Science, Fujian Agricultural University, Fuzhou 350002

中国淡水鱼类的分布区划有学者进行过论述^[1], 而利用统计生态学方法对淡水鱼类分布及其种类多样性与河流流域特征的关系进行分析研究的报道很少, 曾有对福建省境内主要河流淡水鱼类方面的分析^[2]。在鱼类地理分异方面, 有些学者利用聚类分析法对淡水鱼类分布区划进行了一些研究^[2-4]。为探讨这类问题, 我们以中国主要河流中的淡水鱼类为对象, 对这些主要水系的淡水鱼类分布进行聚类分析, 以期得到较为客观自然的分析结果, 为我国淡水鱼类地

理区划提供一些参考依据，并对河流流域特征与淡水鱼种数的关系进行回归分析和主成分分析，以探明流域特征对鱼种类多样性的影响程度。

1 材料与方法

1.1 中国各水系淡水鱼类区划的聚类分析

以中国 13 条主要河流为对象，根据文献 5—9 整理出纯淡水鱼类的二元分布表性鱼类，得到一个 13 ×672 的数据阵。根据该数据阵计算 3 种关联指数 (*OI*、*DI* 和 *JI*) 作为相似系数,其公式分别为：

$$OI = a / [(a + b) (a + c)] ;$$
$$DI = 2 a / (2 a + b + c) ;$$
$$JI = a / (a + b + c) 。$$

式中 *a*、*b*、*c* 分别为某两条河流均有分布、甲河有乙河无、甲河无乙河有的鱼种类数。

再求出三者对应的相异系数(1 - *OI*、1 - *DI* 和 1 - *JI*)，然后分别以加权重心法、不加权重心法、组平均法和可变量等 4 种方法对相异系数进行系统聚类分析^[12]，选出最佳结果。

1.2 淡水鱼类种数与河流流域特征的关系

统计中国 13 条主要河流的纯淡水鱼类，并选择河流流域主要特征^[5—11]（表 1）分别进行一元回归和逐步回归分析。

表 1 中国若干河流淡水鱼种类数与流域特征

Table 1 Numbers of freshwater fish and basin characteristics of main rivers in China

河流 Rivers	1 黑 龙 江	2 辽 河	3 鸭 绿 江	4 黄 河	5 淮 河	6 长 江	7 钱 塘 江	8 瓯 江	9 闽 江	10 九 龙 江	11 韩 江	12 珠 江	13 元 江
鱼种类数 No. of species	92	89	80	128	104	297	168	93	135	102	123	275	83
干流长 (Km) Length of river mainstream	4350	1394	795	5464	1078	6397	605	388	581	285	428	2216	677
流域面积 (×10 ⁴ Km ²) Basin area	88. 7	23. 0	6. 4	75. 0	26. 9	181. 0	5. 4	1. 8	6. 1	1. 4	3. 4	44. 0	3. 8
平均流量 (m ³ /S) Average river discharge	10800	179	960	1877	1454	30932	1282	612	1979	446	834	10773	450
径流深 (mm) Runfall of river	167	63	497	79	238	539	884	1100	1023	954	873	741	324
含砂量 (Kg/ m ³) Content of sand	0. 16	3. 6	0. 15	37	0. 4	0. 53	0. 250	260. 140	21	0. 3	0. 34	3. 55	
比降 (×10 ⁻⁴) Falling gradient of river	1. 0	8. 6	30. 7	8. 8	11. 6	8. 4	12	27. 8	12	43	15	9. 6	37
鱼种类数/ 干流长 No. of species/ length of mainstream	2. 7	6. 4	10. 1	2. 3	9. 6	4. 6	27. 8	24. 0	23. 5	828. 7	12. 4	12	
鱼种类数/ 流域面积 No. of species/ basin area	1. 0	3. 9	12. 5	1. 7	3. 8	1. 6	31. 0	51. 7	22. 2	172. 9	36. 2	6. 3	22. 0
平均纬度 Average latitude	49	42	41	38	33	31	29	28	27	24. 5	24	24	

注：1 Heilong River；2 Liaohe River；3 Yalu River；4 Huanghe River；5 Huaihe River；6 Changjiang River；7 Qiantang River；8 Oujiang River；9 Minjiang River；10 Jiulong River；11 Hanjiang River；12 Zhujiang River；13 Yuanjiang River

1.3 主成分分析

以表 1 数据为基础，计算出淡水鱼种类和流域特征各因子间的相关阵后，进行主成分分析，以探讨与鱼类和流域特征有关的主要综合因子。

上述计算均在微机上完成。

2 结果与分析

2.1 中国主要河流淡水鱼类分布的聚类分析

对 3 种相异系数(1 - *OI*、1 - *DI* 和 1 - *JI*) 的系统聚类分析结果表明:加权和不加权重心法的结果中出现非单调性结果,可变法的结果基本合理,但聚类图扩张性甚大。组平均法分别对 3 种相异系数的聚类结果基本一致,也较合理,故用该方法的结果进行分析。在该方法中,我们进一步选择了 *OI* 的相异系数(1 - *OI*) 的聚类结果进行分析,得聚类图(图 1)。

图 1 中国 13 条河流淡水鱼类分布的聚类图
Fig. 1 The cluster diagram for distribution of freshwater fishes of thirteen rivers in China

从反映鱼类分异动态变化程度的相异系数看,其数值在 0. 31 时,福建省境内的闽江与九龙江首先聚为一类;其后,钱塘江与瓯江,淮河与黄河,辽河、黑龙江和鸭绿江分别较早聚在一起;当该值在 0. 55 ~ 0. 60 时,13 条河流聚为 4 类:闽广水系、瓯江至黄河间的水系、东北水系和云南的元江;相异系数升至 0. 60 ~ 0. 69 时,进一步聚为 3 类:即东北的水系、云南的元江和其余的水系。

2.2 中国主要河流淡水鱼类多样性与流域特征的关系

根据表 1 中的各河流淡水鱼种类数及其流域特征 9 个因素,所作的各种回归分析结果列于表

2。分析结果显示,在一元相关和回归分析中,鱼种类的绝对数分别与河流流域面积、多年平均流量等因子呈显著或极显著的正相关。鱼种类的相对数分别与径流深、比降呈极显著的正相关,与河流平均纬度呈显著或极显著的负相关。最优回归方程多为线性方程。逐步回归分析得到的最优多元回归方程保留了平均流量、比降和纬度等因子。

表 2 中国若干河流淡水鱼种类数与流域特征的相关和回归分析

分析项目 Analytical item	最优回归方程 Optimal regression equation	相关系数 Correlative coefficient	显著性 Significance
一元回归分析: Monadic regression analysis			
鱼种类数 — 干流长(X_1)	$Y = 103.698 + 0.02 X_1$	0.505	$P > 0.05$
鱼种类数 — 流域面积(X_2)	$Y = 105.214 + 0.859 X_2$	0.632	$P < 0.05$
鱼种类数 — 平均流量(X_3)	$Y = 104.924 + 0.007 X_3$	0.789	$P < 0.01$
单位干流长鱼种类数 — 径流深(X_4)	$Y = 0.735 X_4 + 0.025$	0.854	$P < 0.01$
单位干流长鱼种类数 — 比降(X_6)	$Y = 2.331 X_6^{(0.618)}$	0.654	$P < 0.05$
单位干流长鱼种类数 — 平均纬度(X_9)	$Y = 123.819 - 31.573 \lg X_9$	- 0.684	$P < 0.01$
单位流域面积鱼种类数 — 径流深(X_4)	$Y = 0.045 X_4 - 5.204$	0.746	$P < 0.01$
单位流域面积鱼种类数 — 比降(X_6)	$Y = 1.271 X_6 - 1.473$	0.730	$P < 0.01$
单位流域面积鱼种类数 — 平均纬度(X_9)	$Y = 207.776 - 54.529 \lg X_9$	- 0.588	$P < 0.05$
逐步回归分析 Stepwise regression analysis:			
	$Y = 291.454 + 0.006 X_3 - 1.987 X_6 - 4.634 X_9$	0.924	$P < 0.01$

2.3 主成分分析

据表 1 数据计算的特征值和特征向量见表 3。该表显示,第一主成分和第二主成分的特征值累积贡献率已达 76. 8%;至第三主成分,其特征值累积贡献率已达 86. 4%。因此,只列

出前三个主成分方程的因子负荷量（表 4）。

从第一主成分方程中各因子的系数看，该主成分主要反映鱼种类相对数与河流干流长和流域面积等因子间的关系，即河流单位干流长和流域单位面积的鱼种数、河流比降、径流深等因子对该主成分的效应是负向的，而干流长、流域面积、流量等因子的效应则是正向的。

第二主成分反映的主要是鱼种类绝对数与河流流量、径流深、流域面积和纬度等因子的信息。除含沙量、比降和纬度外，鱼种类数和其余的河流特征值对第二主成分的效应是正向的。

第三主成分则主要反映的是河流含砂量和干流长等流域特征的信息。

表 3 中国若干河流淡水鱼种类数与流域特征的相关阵的特征根

	主 成 分 Principal components									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
特征根 Eigenvalue	5. 302	2. 380	0. 953	0. 668	0. 469	0. 125	0. 076	0. 020	0. 006	0. 001
贡献率（%） Contribution rate	53. 0	23. 8	9. 5	6. 7	4. 7	1. 2	0. 8	0. 2	0. 1	0. 0
累积贡献率（%） Accumulative contribution	53. 0	76. 8	86. 4	93. 0	97. 7	99. 0	99. 7	99. 9	100. 0	100. 0

表 4 前三个主成分的特征向量及因子负荷量

Table 4 The eigenvectors and coordinates of 1st , 2nd and 3rd principal components for diversity fish species and other factors of the rivers

主成分	鱼种数	干流长	面 积	流 量	径流深	含沙量	比 降	鱼种数	鱼种数	纬 度
								干流长	面 积	
特征向量 Eigenvectors	1	0. 184	0. 396	0. 375	0. 292	- 0. 307	0. 172	- 0. 313	- 0. 388	- 0. 378
	2	0. 543	0. 125	0. 267	0. 445	0. 392	- 0. 252	- 0. 038	0. 201	0. 132
	3	0. 067	0. 295	0. 093	- 0. 091	0. 005	0. 082	0. 263	0. 073	0. 236
因子负荷 Coordinates	1	0. 425	0. 911	0. 862	0. 673	- 0. 706	0. 395	- 0. 720	- 0. 894	- 0. 869
	2	0. 837	0. 193	0. 411	0. 686	0. 604	- 0. 389	- 0. 059	0. 310	0. 203
	3	0. 065	0. 288	0. 091	- 0. 089	0. 005	0. 802	0. 256	0. 071	0. 230

3 讨论

根据现代淡水鱼分布的相似性分析的中国大陆 13 条水系鱼类分异特点，明显表现出随纬度而变化，相同或相近地理单元的水系，其鱼类分异较小。福建省境内的水系鱼类分布相似程度最大，首先聚为一类；浙江的水系，东北的水系，淮河与黄河也较早相聚；云南的元江单独为一类。鱼类学家李思忠根据现代鱼类分布的特征，结合地史资料和环境因素，对我国淡水鱼类的分布区划进行过系统研究，该区划将我国淡水鱼类分布划分为 5 个区，21 个亚区。此后，对亚区级进行了若干修改^[1]。本文所涉及资料的聚类分析结果在大趋势上与李氏的区划相似，有些水系的归属可以调整。如撤消浙闽亚区，将该亚区内的福建水系划入珠江亚区，称为闽广亚区；该亚区内的浙江水系并入江淮亚区。将辽河划入黑龙江亚区，与其它东北的水系一起改称为东北亚区。

回归分析表明，河流流域特征对鱼种类多样性的影响以平均流量和径流深，呈极显著的正相关，其次为流域面积；水系所处的平均纬度与鱼种类多样性呈显著负相关，说明随纬度升高，水系的鱼种类多样性减少。

主成分分析中，头两个主成分累积贡献率达 76. 8%，已能综合大多数信息。故前两个主成分即可最大限度地综合描述本文所分析的中国主要水系流域特征与鱼种类的关系。第一主成分中，单位流域面积和单位干流长鱼种类数、水系流域面积、干流长、流量、径流深等因子的

负荷量较大，因此，第一主成分主要综合反映鱼种类相对多样性与有关流域因子的关系。第二主成分则综合反映鱼种类的绝对多样性与流域特征的关系，除了比降和纬度对该主成分起负效应的影响，其余因子均为正效应。

参 考 文 献

- 1 李思忠. 中国淡水鱼类的分布区划. 北京：科学出版社，1981，118～120
- 2 李建生，王寿昆，林树根. 福建省主要河流鱼类分布及其种类与流域特征的关系. 中国动物学会成立 60 周年纪念论文集，北京：中国科学技术出版社，1994，598～601
- 3 李贵禄，周道琼，范冠平. 利用聚类分析方法对金沙江等四水系鱼类分布的初步探讨. 资源开发与保护杂志，1987，3（1）：17～18
- 4 潘炯华，刘汉成，古华民. 利用聚类方法对我国淡水鱼类分布区划的初步探讨. 华南师范大学学报，1985，（1）：86～95
- 2 《中国渔业资源调查和区划》编辑委员会. 中国内陆水域渔业资源. 北京：农业出版社，1990，2～6、299～325
- 6 连珍水. 九龙江鱼类区系的研究. 福建水产，1988，（3）：42～51
- 7 解玉浩. 鸭绿江的鱼类区系. 鱼类学论文集（5）. 北京：科学出版社，1986，91～100
- 8 浙江动物志编辑委员会. 浙江动物志. 淡水鱼类. 杭州：浙江科学技术出版社，1991
- 9 中国水产科学研究院珠江水产研究所等. 广东淡水鱼类志. 广州：广东科学技术出版社，1991
- 10 朱道清. 中国水系大辞典. 青岛出版社，1993
- 11 熊怡等. 中国的河流. 北京：人民教育出版社，1989
- 12 Ludwig J A, et al. (李育中等译) 统计生态学. 呼和浩特：内蒙古大学出版社，1991，121～130

欢迎订阅《兽类学报》

《兽类学报》是中国科学院西北高原生物研究所和中国兽类学会主办的兽类学综合性的学报级学术刊物（季刊）。主要报道兽类的分类、区系、形态、生态、行为、繁殖、生理、生化、解剖、遗传以及有益、濒危兽类的利用与保护，有害兽类的防治等方面的研究成果。辟有研究报告、研究简报、资料、书刊评介、学术动态等栏目。

《兽类学报》是我国从事兽类学研究的科研单位、大专院校及科技情报所、图书馆必备的科技刊物。本刊国内外发行，各地邮局均可订阅。16 开本，80 页，每期定价 8.80 元。自 1996 年第 16 卷第 1 期起改由西宁市邮政局向国内总发行，邮发代号 56—11。订阅时请注意在青海省期刊栏内查阅。如有漏订，请与本刊编辑部联系。

编辑部地址：810001 青海省西宁市西关大街 59 号 中国科学院西北高原生物研究所

《兽类学报》编辑部