

补远江鱼类多样性研究

康 斌¹ 胡文娴¹ 祈文龙² 杨春明³ 李江红²

(¹云南省国际河流和跨境生态安全重点实验室 云南大学亚洲国际河流中心,昆明 650091)

(²云南省西双版纳州水产技术推广站,景洪 666100)

(³云南省西双版纳州水文局,景洪 666100)

摘 要 根据澜沧江下游一级支流补远江 2006 年鱼类洄游季节 3~6 月的采样数据,分析了该流域鱼类多样性,并结合同期水文、水质数据,应用人工神经网络分析环境因子与鱼类多样性的关联。结果表明,2006 年 3~6 月共采集补远江鱼类 34 种,隶属于 3 目 8 科 22 属,其中有 8 种洄游鱼类。3 月份多样性指数最高,各月均匀度指数无差异,4、6 月优势度指数高,主要是优势种马口鱼、月斑长臀鲃造成。4、5 月鱼类组成相似性最高。最低水位对鱼类数量影响最大,其次是平均流速和平均水温;最高水温对鱼类体重影响最大,其次是总磷和溶解氧。人工神经网络下模拟值与实测值相关性高,较好的适用性。

关键词 鱼类多样性 人工神经网络 澜沧江 补远江
中图分类号 S932.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2010)03-0006-09

Research on fish species diversity in the Buyuan River

KANG Bin¹ HU Wen-xian¹ QI Wen-long²

YANG Chun-ming³ LI Jiang-hong²

(¹Key Laboratory of International Rivers and Transboundary Eco-security, Asian International Rivers Center, Yunnan University, Kunming 650091)

(²Fishery Management Department, Xishuangbanna Prefecture, Jinghong 666100)

(³Hydrological Bureau of Xishuangbanna Region, Jinghong 666100)

ABSTRACT Based on the fish sampling data during fish migration season (March to June, 2006) in the Buyuan River, which is a first order tributary at the downstream of the Lancang River, the fish species diversity was analyzed. With reference to the water quality and hydrological data in the same period, relationship between the environment and the number and weight of fishes were analyzed using artificial neural network (ANN). Results showed that 34 species belonging to 3 orders, 8 families and 22 genera, were collected, among which 8 species were migratory species. Diversity index (H') was at the highest in March, while domination index (Sp) was higher in April and June for the appearance of *Mystacoleucus chilopterus* and *Opsariichthys bidens*. There was no significant difference of evenness index (E) among all the sampling months. The lowest water level (LWL) was the most influential factor on the number of fish species, followed by the average runoff velocity (ARV) and average water temperature

国家自然科学基金(U0936602,40601096)资助

收稿日期:2009-05-24;接受日期:2009-08-27

作者简介:康 斌(1975-),男,研究员,博士,主要从事鱼类生态学研究。E-mail:binkang@ynu.edu.cn, Tel:(0871)5033118

(AWT). The highest water temperature (HWT) had significant influence on the weight of fish, followed by the total phosphorus and the dissolved oxygen. The simulant values obtained by using ANN were similar with the actual values, which indicated that the ANN method was applicable.

KEY WORDS Fish diversity Artificial neural network Lancang River
Buyuan River

鱼类是脊椎动物中最具多样性的类群,几乎占了脊椎动物总数的一半。我国是世界上鱼类多样性最为丰富的国家,已记录鱼类3 000种左右,占世界鱼类总种数的10%以上(联合国开发计划署等 2004)。近年来,由于过度捕捞、水域环境质量恶化等因素,与之密切相关的鱼类生物多样性和资源量的维护与开发面临严重威胁,因其关系到水域生态系统健康维持及人类生存与发展而引起了人们的关注(何大明 2007; Oki *et al.* 2006)。

澜沧江-湄公河发源于中国青藏高原唐古拉山北麓,流经中国的青海、西藏和云南3个省区以及东南亚的缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南5国,最后注入南中国海,是世界第三长国际河流(赵纯厚等 2000),中国境内段称澜沧江,从西双版纳出境后的境外段称湄公河。其从河源至河口地形复杂,水环境和气候类型多样,为鱼类提供了多种多样栖息与繁衍的生境,孕育了极其丰富的鱼类资源,是世界上公认的淡水鱼类原种基因库(Kang *et al.* 2009)。补远江是澜沧江一级支流,激流险滩众多,为鱼类创造了丰富多样的栖息地,也是我国境内唯一被确认为下湄公河洄游鱼类的重要产卵场(康 斌等 2007; 杨君兴等 2007)。

对鱼类多样性变化及其驱动力的研究由来已久,由于对数据存在较高的时间同质性和数量要求,研究多集中于海洋和河口区域(Gaston 2000; Jackson *et al.* 2001)。随着越来越多的应用技术的发展,淡水鱼类栖息地的判定及其与多样性的关系研究也越来越受到重视(Bain *et al.* 1999; Benda *et al.* 2004; Guisan *et al.* 2005)。人工神经网络作为处理具模糊性、灰色性、不相容性等不确定性的新理论和新优化技术,正逐渐被引进到生物多样性研究中(Lek *et al.* 1999; Guégan *et al.* 1998; Muneeppeerakul *et al.* 2008)。

本研究以澜沧江下游重要支流——补远江为研究区域。通过野外采样、室内分析和相关资料的查阅,分析了补远江鱼类多样性的特征;利用人工神经网络技术分析补远江环境因子对鱼类生物多样性的影响,得出主要对鱼类产生影响的环境因子,并验证人工神经网络在补远江鱼类多样性分析中的适用性。研究有助于揭示水域环境质量及鱼类栖息地的本质,从而为当地渔业环境污染综合防治、渔业环境标准的制定、渔业规划和渔业环境维护与管理等提供科学依据。

1 研究区概况

补远江(又名南斑河、罗梭江)是澜沧江重要的支流,发源于云南省普洱市宁洱县磨黑镇,流经普洱市翠云区和江城县,以及西双版纳州景洪市和勐腊县,在勐仑镇汇入澜沧江干流。补远江水文监测站位于勐仑镇。补远江长297.8 km,集水面积7 678.9 km²,落差1 190 m,平均年径流量 57.89×10^8 m³,是澜沧江径流量最大的支流(西双版纳自治州地方志编委会 2002)。鱼类采样点位于补远江勐仑段,采捕方法包括网捕、围坝、电鱼以及市场收购。采样时间为2006年3~6月。

2 材料和方法

2.1 数据收集

鱼类数据来源于云南大学亚洲国际河流中心(样品采集和资料收集),水质数据(pH、溶解氧、总磷)和水文数据(平均水温、最高水温、最低水温、平均水位、最高水位、最低水位、平均流速、最大流速、平均水深、最大水深、最小水深)来源于西双版纳水文水资源分局。同期平均含沙量数据缺乏,利用1993~2003年历史已知数据(来源于西双版纳水文水资源分局),建立‘流量-含沙量’回归方程,推导缺失数据(刘俊民等 2005)。

3 结果与讨论

3.1 补远江鱼类组成

2006年3~6月采集补远江鱼类3目8科22属34种(表1)。鲤形目包括2科15属25种,其中鲤科有12属20种,占总种数的58.8%,鳅科3属5种,占总种数的14.7%;鲇形目3科4属6种,其中鲇科有2属4种,占总种数的11.8%;鲈形目3科3属3种。补远江鱼类以鲤形目为主,占总种数的73.5%,其中以鲤科种类最多,占鲤形目种数的80%。据MFD记载,共有8种洄游鱼类,包括:中华刀鲂、中国结鱼、巨鲃、鲃、短吻鱼、丝尾鲮、大刺鲃、高体四须鲃。中华刀鲂、中国结鱼的数量最多,分别占洄游鱼总数的34.8%和29.6%。

表1 2006年3~6月补远江鱼类名录

Table 1 List of fish species in the Buyuan River during March~June, 2006

目 Order	科 Family	种 Species	拉丁名* Scientific name		
鲤形目 Cypriniformes	鲤科 Cyprinidae	丽色低线鳊	<i>Barilius pulchellus</i> (Smith, 1931)		
		长嘴鳊	<i>Raiamas guttatus</i> (Day, 1870)		
		马口鱼	<i>Opsariichthys bidens</i> (Günther, 1873)		
		花鲢	<i>Hemibarbus maculatus</i> (Bleeker, 1871)		
		中国结鱼	<i>Tor sinensis</i> (Wu, 1977)		
		大鳞结鱼	<i>Tor douronensis</i> (Valenciennes, 1842)		
		短吻鱼	<i>Sikukia gudgeri</i> (Smith, 1934)		
		大鳞四须鲃	<i>Hypsibarbus vernayi</i> (Norman, 1925)		
		高体四须鲃	<i>Hypsibarbus pierrei</i> (Sauvage, 1880)		
		云南四须鲃	<i>Poropuntius huangchuchieni</i> (Tchang, 1962)		
		细长突吻鱼	<i>Onychostoma fangi</i> (Kottelat, 2000)		
		南方突吻鱼	<i>Onychostoma gerlachi</i> (Peters, 1881)		
		少鳞突吻鱼	<i>Scaphiodonichthys acanthopterus</i> (Fowler, 1934)		
		月斑长臀鲃	<i>Mystacoleucus chiloferus</i> (Fowler, 1935)		
		长臀鲃	<i>Mystacoleucus marginatus</i> (Valenciennes, 1842)		
		细尾长臀鲃	<i>Mystacoleucus lepturus</i> (Huang, 1979)		
		宽头华鲮	<i>Sinilabeo laticeps</i> (Wu & Lin, 1977)		
		条纹墨头鱼	<i>Garra cambodgiensis</i> (Tirant, 1883)		
		奇额墨头鱼	<i>Garra mirofrontis</i> (Chu & Cui, 1987)		
			鲫	<i>Carassius auratus auratus</i> (Linnaeus, 1758)	
			南方南鳊	<i>Physoschistura meridionalis</i> (Zhu, 1982)	
			泰国南鳊	<i>Schistura nicholsi</i> (Smith, 1933)	
			横纹南鳊	<i>Schistura fasciolata</i> (Nichols & Pope, 1927)	
			鼓颊南鳊	<i>Schistura bucculenta</i> (Smith, 1945)	
		鲇形目 Siluriformes	刀鲇科 Schilbidae	黑线沙鳅	<i>Yasuhikotakia nigrolineata</i> (Kottelat & Chu, 1987)
中华刀鲂	<i>Clupisoma sinense</i> (Huang, 1981)				
鲮科 Bagridae	丝尾鲮			<i>Hemibarbus wyckioides</i> (Fang & Chaux, 1949)	
	鲃科 Sisoridae			丽纹胸鲃	<i>Glyptothorax lampris</i> (Fowler, 1934)
				老挝纹胸鲃	<i>Glyptothorax laosensis</i> (Fowler, 1934)
鲈形目 Perciformes	鰕鳊鱼科 Gobiidae			巨鲃	<i>Bagarius yarrelli</i> (Sykes, 1839)
		鲃	<i>Bagarius bagarius</i> (Hamilton, 1822)		
		子陵吻鰕鳊	<i>Rhinogobius giurinus</i> (Rutter, 1897)		
		宽额鲃	<i>Channa gachua</i> (Hamilton, 1822)		
		大刺鲃	<i>Mastacembelus armatus</i> (Lacepède, 1800)		

* 根据 Fishbase 校订 (MFD 2003)

3.2 鱼类多样性分析

2006年3~6月补远江鱼类多样性指数为2.980,均匀度指数为0.840,优势度指数为0.065。3月份物种多样性最为丰富,5、6月相近,4月份最低;均匀度差异不大;4月份与6月份优势种的存在较为明显(表2)。4月份马口鱼、月斑长臀鲃、奇额墨头鱼、细长白甲鱼、条纹墨头鱼和细尾长臀鲃的数量很突出,占该月总数的68.5%,6月份马口鱼、月斑长臀鲃、细长白甲鱼、云南四须鲃、中国结鱼和中华刀鲂的数量较多,占该月总数的65%。总体来看,3~6月期间也是这9个种类占优势。

表2 2006年3~6月补远江鱼类多样性指数

Table 2 The fish diversity in the Buyuan River during March~June, 2006

时间 Time	多样性指数 Diversity index (H)	均匀度指数 Evenness index (E)	优势度指数 Domination index (Sp)
3月 March	2.780 ^a	0.890 ^a	0.072 ^a
4月 April	2.590 ^b	0.860 ^a	0.090 ^b
5月 May	2.710 ^c	0.890 ^a	0.074 ^a
6月 June	2.690 ^c	0.860 ^a	0.085 ^b

注:相同字母表示无显著性差异。Note: Same letter means no significant difference

表3 2006年3~6月补远江鱼类相似性指数

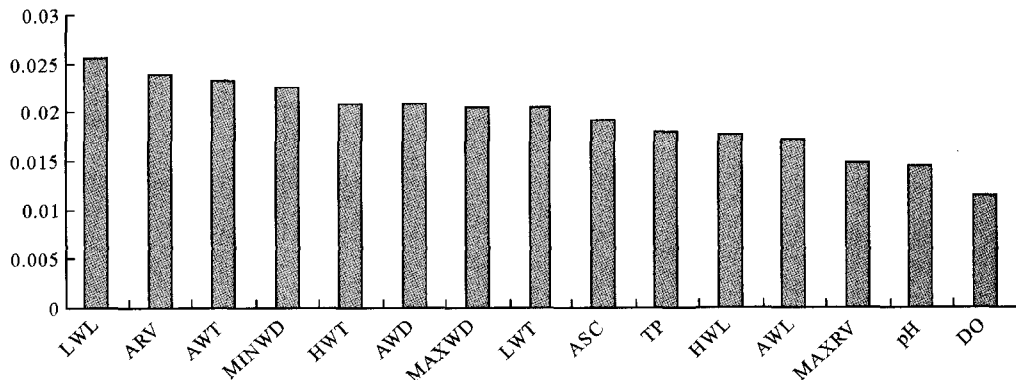
Table 3 The Jaccard similarity index of fish species in the Buyuan River during March~June, 2006

时间 Time	Jaccard 相似度指数 Similarity index (CJ)		
	4月 April	5月 May	6月 June
3月 March	65.4%	57.1%	43.8%
4月 April		70.8%	38.7%
5月 May			46.7%

4~5月份鱼类物种相似性指数最高,达70.8%;3~4月份的其次,为65.4%(表3)。6月份鱼类物种组成与其他月份相比差异较大,大鳞四须鲃、宽额鳢、丝尾鳢、高体四须鲃都只出现在6月份,短吻鱼、鲃、巨鲃、中华刀鲂等几种洄游鱼类在6月份出现最多。

3.3 鱼类多样性与环境的关系

图2为环境因子对补远江鱼类数量影响的权重值。其中最低水位的影响最大,其次是平均流速和平均水



注:pH:酸碱度,DO (Dissolved oxygen):换算溶解氧(mg/L),TP (Total phosphorus):总磷(mg/L),AWT (Average water temperature):平均水温(°C),HWT (Highest water temperature):最高水温(°C),LWT (Lowest water temperature):最低水温(°C),AWL (Average water level):平均水位(m),HWL (Highest water level):最高水位(m),LWL (Lowest water level):最低水位(m),ARV (Average runoff velocity):平均流速(m/s),MAXRV (Maximum runoff velocity):最大流速(m/s),AWD (Average water depth):平均水深(m),MAXWD (Maximum water depth):最大水深(m),MINWD (Minimum water depth):最小水深(m),ASC (Average sediment concentration):平均含沙量(kg/m³)

图2 环境因子对鱼类数量影响权重分布

Fig. 2 Weight distribution of environmental factors on the number of fishes

温,溶解氧的影响最小。最低水位决定了水体容量,即鱼群的生活空间,鱼类生存的限制因子之一,其次它与捕捞作业的积极性和难易相关,在一定程度上影响了标本采集数量。平均流速和水温是洄游鱼类的洄游信号(Poulson *et al.* 2002;Baran 2006),二者对数量的影响比较大。

图 3 为环境因子对 8 种洄游鱼类数量影响的权重值。其中平均水深和溶解氧的影响最大,平均流速的影响最小。水流对鱼类洄游有较大的刺激性作用,平均水深是鱼类洄游的一个信号。在雨季,河流流量增加,平均水深变大,同时由于水体的运动加剧,溶解氧含量也增加,这些因素往往会作用于鱼体的血压、呼吸、内分泌系统和化学感觉系统等,从而导致鱼类神经系统的兴奋而产生行为反应,促使鱼类洄游,对其数量的影响也最大(殷名称 1991)。

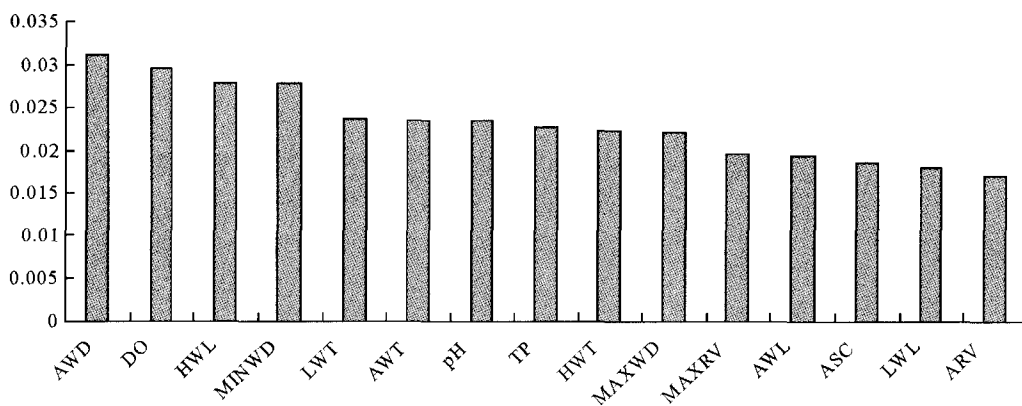
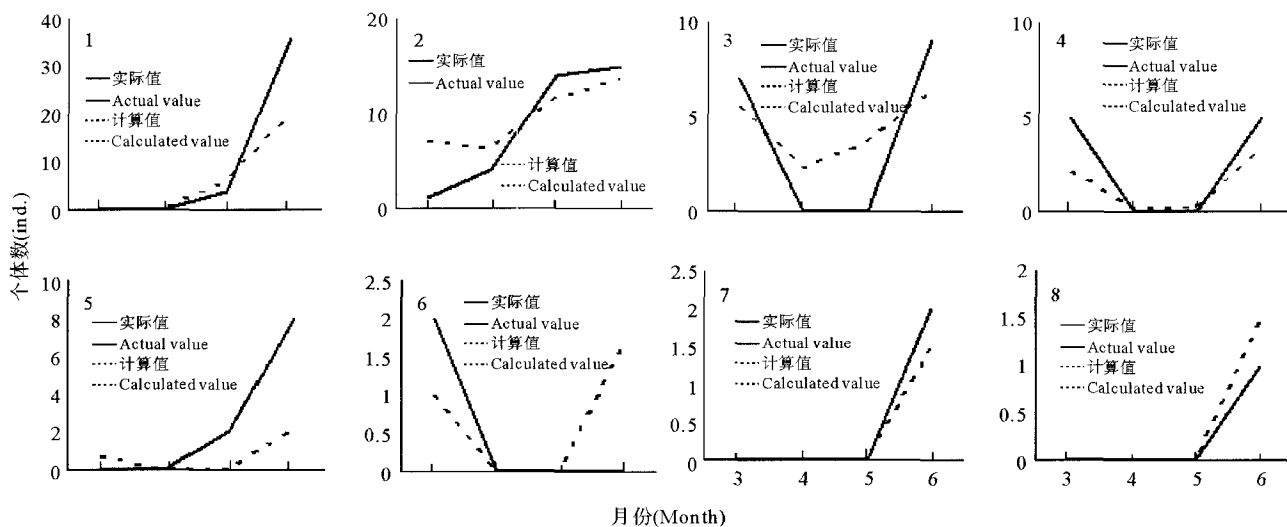


图 3 环境因子对 8 种洄游鱼类数量影响的权重分布

Fig. 3 Weight distribution of environmental factors on the number of eight migratory fishes

从图 4 可以看出,人工神经网络技术对 3~6 月期间 8 种洄游鱼类的数量计算值与实际值的相关性很高,相关系数 R^2 为 0.907 3,计算值与实际值曲线拟合度较好。



注:1. 中华刀鲂 *Clupisoma sinense*, 2. 中国结鱼 *Tor sinensis*, 3. 巨鲃 *Bagarius yarrelli*, 4. 鲃 *Bagarius bagarius*, 5. 短吻鱼 *Sikukia gudgeri*, 6. 大刺鲃 *Mastacembelus armatus*, 7. 高体四须鲃 *Hypsibarbus pierrei*, 8. 丝尾鲃 *Hemibarbus wyckioides*

图 4 人工神经网络下洄游鱼类个体数量的计算值与实际值对比曲线

Fig. 4 Comparative curves of calculated value and actual value of the amount of migratory fishes influenced by the environmental factors based on ANN

图5为环境因子对补远江鱼类体重影响的权重值。其中最高水温的影响最大,其次是总磷和溶解氧,最大流速的影响最小。最高水温是鱼类生长代谢的重要控制因子,鱼类的代谢强度在适温范围内,一般与温度成正比相关(Hart *et al.* 2002)。溶解氧通过对鱼类代谢进程的影响对鱼类的生长活动起作用,水域中的溶氧充足,鱼类的代谢旺盛,食欲增强,消化和吸收速率提高,获得高生长率。水体中的总磷含量与鱼类的食物丰度息息相关,也是影响体重的重要因子(Kang *et al.* 2008)。

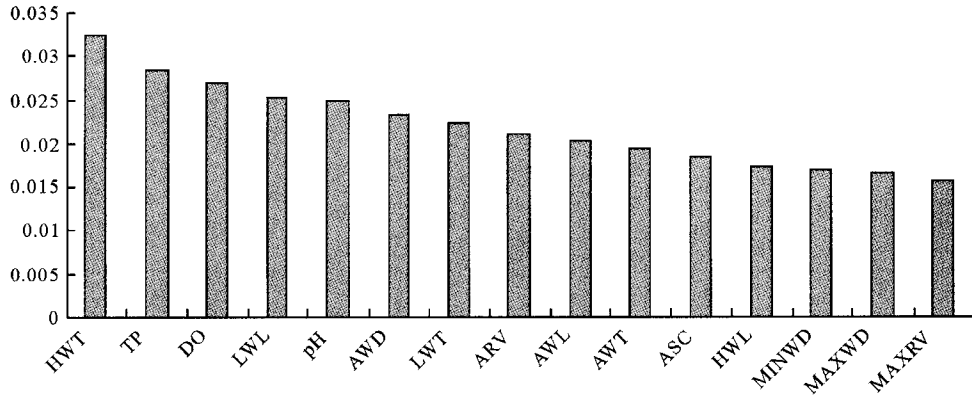


图5 环境因子对补远江鱼类体重影响的权重分布

Fig. 5 Weight distribution of environmental factors on the weight of fishes in the Buyuan River

图6为环境因子对补远江8种洄游鱼类体重影响的权重值。其中平均含沙量的影响最大,其次是平均水温、最高水温,以及平均水深、最低水位,最高水位的影响最小。含沙量的变化与水体中营养物质的变化一致,食物的丰缺对鱼类体重影响最大。水温对鱼类的代谢反应速率起控制作用,是影响鱼类生长的重要环境因子,夏季平均水温和最高水温的升高有利于促进鱼类生长(殷名称 1991)。3~6月是补远江地区的雨季,平均水深和最低水位都升高,增加了生物体的生存空间,并刺激鱼类洄游行为,对洄游鱼类体重产生较大影响。

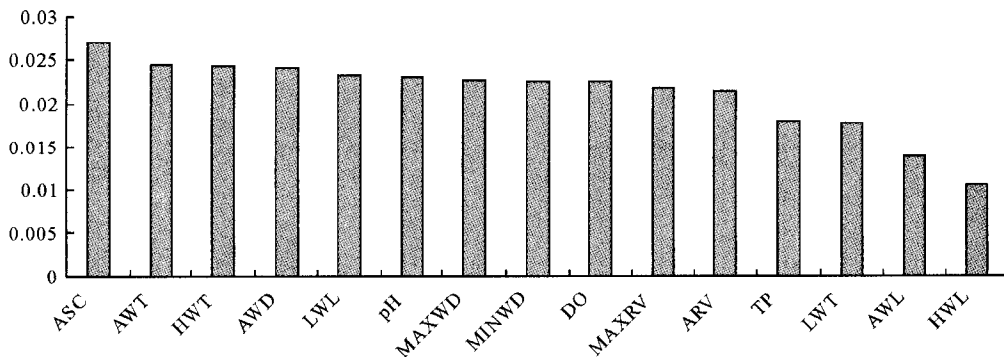
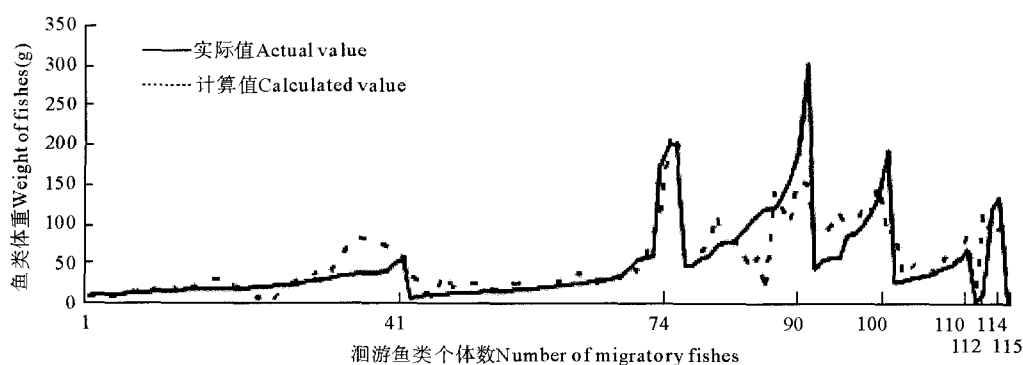


图6 环境因子对补远江8种洄游鱼类体重影响的权重分布

Fig. 6 Weight distribution of the environmental factors on the weight of eight migratory fishes in the Buyuan River

从图7可以看出,环境因子对洄游鱼类体重影响的人工神经网络模型所计算的115条鱼的体重值与实际体重值的相关性较高,相关系数 R^2 为0.7908。模型计算值与实际值的差异,主要体现在个体较大的中华刀鲶和巨鲈,这两种鱼随着年龄的增长,体重增长也比较大。本研究中没有引入鱼龄变量,模型对实际情况的模拟还不够完善。



注:1~41 中华刀鲂 *Clupisoma sinense*, 42~74 中国结鱼 *Tor sinensis*, 75~90 巨鲃 *Bagarius yarrelli*, 91~100 鱼鲃 *Bagarius bagarius*, 101~110 短吻鱼 *Sikukia gudgeri*, 111~112 大刺鲃 *Mastacembelus armatus*, 113~114 高体四须鲃 *Hypsibarbus pierrei*, 115 丝尾鲃 *Hemibarbus wyckioides*

图7 环境因子对洄游鱼类体重影响的计算值与实际值对比曲线

Fig. 7 Comparative curves of the calculated and actual value of the weight of migratory fishes influenced by the environmental factors

4 结论

4.1 补远江鱼类种质资源丰富,本次调查(2006年3~6月)共记录3目8科22属34种。鱼类区系组成极不平衡,以鲤形目为主,占到总种数的73.5%,其中又以鲤科种类最多,占鲤形目种数的80%。共出现8种洄游鱼类:中华刀鲂、中国结鱼、巨鲃、鲃、短吻鱼、丝尾鲃、大刺鲃、高体四须鲃。

4.2 2006年3~6月鱼类多样性指数为2.980,均匀度指数为0.840,优势度指数为0.065。鱼类多样性和均匀度随时间的变动不明显,而物种优势度的变化很明显,主要由于优势种中华刀鲂和中国结鱼两种洄游鱼类的出现。

4.3 对鱼类重量影响最大的环境因子为最高水温、总磷和溶解氧;对鱼类数量影响最大的因子为最低水位、平均流速和平均水温。

4.4 环境因子对鱼类多样性影响的人工神经网络下计算值与实际值的相关系数为0.9073(数量)和0.7908(重量),人工神经网络技术在补远江鱼类多样性研究中具有高适用性。

参 考 文 献

- 刘俊民,余新晓. 2005. 水文与水资源学. 北京:中国林业出版社,27~132
- 西双版纳自治州地方志编委会. 2002. 西双版纳傣族自治州志. 北京:新华出版社,1~98
- 何大明. 2007. 跨境生态安全与国际环境伦理. 科学,59(3):14~17
- 杨君兴,陈小勇,陈银瑞. 2007. 中国澜沧江鲃科鱼类种群现状及洄游原因分析. 动物学研究,28(1):63~67
- 赵纯厚,朱振宏,周端庄. 2000. 世界江河与大坝. 北京:水利水电出版社,1~100
- 殷名称. 1991. 鱼类早期生活史研究与其进展. 水产学报,15(4):348~358
- 康 斌,何大明. 2007. 澜沧江鱼类生物多样性研究进展. 资源科学,29(5):195~200
- 联合国开发计划署,联合国环境规划署,世界资源研究所(国家环境保护总局国际司,译). 2004. 世界资源报告 2000-2001. 北京:中国环境科学出版社,1~24
- Bain, M. B., Hughes, T. C., and Arend, K. K. 1999. Trends in methods for assessing freshwater habitats. Fisheries, 24: 16~21
- Baran, E. 2006. Fish migration triggers in the Lower Mekong Basin and other freshwater tropical systems. Vientiane: Mekong River Commission, 35~52
- Benda, L., Poff, N. L., Miller, D. et al. 2004. The network dynamics hypothesis: how channel networks structure riverine habitats. BioScience, 54: 413~427
- Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. Nature, 405: 220~227
- Guégan, L. F., Lek, S., and Oberdorff, T. 1998. Energy availability and habitat heterogeneity predict global riverine fish diversity. Nature, 391:

382~384

- Guisan, A., and Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution; offering more than simple habitat models. *Ecol. Lett.* 8: 993~1 009
- Hart, P. J. B., and Reynolds, J. D. 2002. *Handbook of Fish Biology and Fisheries*. Oxford: Blackwell Science, 1~367
- Jaccard, P. 1912. The distribution of flora in the alpine zone. *New Phytologist*, 11: 37~50
- Jackson, J. B. C., Kirby, M. X., Berger, W. H. *et al.* 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 297: 629~638
- Kang, B., He, D. M., Perrett, L. *et al.* 2009. Fish and fisheries in the Upper Mekong: Current assessment of the fish community, threats and conservation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1P: 465~480
- Kang, B., and Xian, W. W. 2008. C, N and P regeneration by a detritivorous fish, *Liza haematocheila* T. & S.; effects of temperature, diet and body size. *Aquaculture International*, 16: 319~332
- Lek, S., and Guégan, J. F. 1999. Artificial neural networks as a tool in ecological modelling, an introduction. *Ecol. Model.* 120: 65~73
- MFD. 2003. *Mekong Fish Database(CD-ROM)*. Phnom Penh; Mekong River Commission
- Muneepeerakul, R., Bertuzzo, E., and Lynch, H. J. 2008. Neutral metacommunity models predict fish diversity patterns in Mississippi - Missouri basin. *Nature*, 45: 220~222
- Oki, T., and Kanae, S. 2006. Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 313: 1 068~1 072
- Pielou, E. C. 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity; its use and misuse. *American Naturalist*, 100: 463~465
- Poulsen, A. F., Poou, O., Viravong, S. *et al.* 2002. Fish migrations in the Lower Mekong Basin: implications for development, planning and environmental management. Phnom Penh; Mekong River Commission, 1~76
- Shannon, C. E., and Wiener, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Urbana: Univ. IL. Press, 1~65
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of species diversity. *Nature*, 163: 688