

应用模糊聚类分析对北京东南郊 的河流污染状况进行分类

朱新源 刘来福 徐汝梅
(北京市环保所) (北京师范大学)

早在19世纪中,有些水生生物工作者就注意到水污染引起水生生物群落改变的现象。以后的许多工作者相继地提出了一系列的用以监测评价水体污染的生物划带方法(Hawkes, 1976)。但是,至今所有的方法在应用上都还存在不少的问题(Pittwell, 1975)。

本世纪的50年代以来,随着工农业的迅速发展和城市人口的高度集中,水源不足的现象成为普遍严重的问题。同时,环境污染研究也发展很快,对污染的本质有了比较深刻的了解,得出了污染的本质是生态学问题的论断。污染物进入生态系统,破坏生态平衡,影响到人类本身及其生存条件。因此,逐渐地确立起生态学在环境科学中的应有地位。从原来生态学只是监测评价环境污染的许多方法之一方法,变成为监测污染,控制污染以及采取任何的环境污染对策都必须依据生态学的原则。对被污染的水域(无论是湖泊或河流)都应该从生态系统的整体去考虑和分析。

生态系统是包含多个变量的大系统,它是互相作用的部分的集合整体。变量之多,相关关系之复杂是一般经典数学工具和手工计算所无法解决的。随着电子计算机技术的发展,在70年代发展起来的多变量分析在系统分析中的作用显示了巨大的应用前景。在国外,近几年来在生态系统中也逐渐有所应用。其中用得较广的是:主成分分析、聚类分析、标准变量分析、判别分析等(Green, 1977; Grossman等, 1974)。

河流生态系统包括各生物类群和理化因子。作为水质评价的生物指标和理化指标,既有定量的指标又有定性的指标,而某些定量指标又不符合主成分分析的基本要求,不适于采用主成分分析。不同的采样点,虽然污染程度有所不同,但是某些指标却具有或多或少的相似性,判别界限模糊不清。因此,本文采用了模糊聚类分析的方法,试图将污染水域多指标进行综合分类。

一、河流概况、主要污染源及采样点设置

凉水河、通惠灌渠和通惠河的自然位置、流向、主要污染源的分布位置及采样点的设置如图1。

凉水河,调查河段,从 L_1 到 L_6 点约45公里。上游为莲花河,接纳西郊钢铁联合企业为主的工厂排水。此外,沿岸又有一些工厂及城市污水泵站污水的排入。莲花河水流至 L_1 点前仍然很污,并且污染了下游。通惠灌渠:从高碑店水库发源向南流入凉水河,全长为16公里。主要污染源是半壁店明沟,观音堂明沟和大柳树明沟的排水。通惠河:西起东便门,东至通县城的北关入北运河,全长20公里。上游接东护城河,南护城河和前门盖板河。

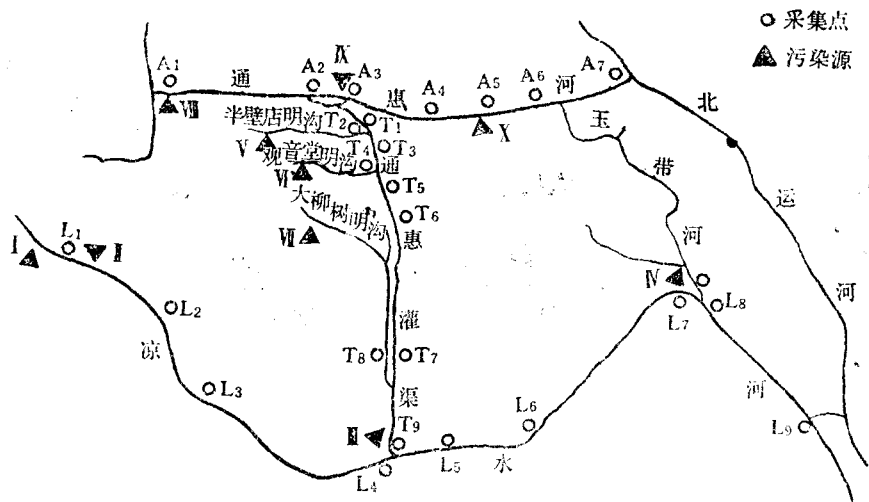


图 1 河流的自然位置、主要污染源和采样点分布

污染源: I、上游莲花河污水的流入; II、南郊的化工、油漆、农药、皮革及皮毛行业工厂的排水; III、通汇灌渠水的汇入; IV、玉带河水的排入; V、化工、造纸、电镀等工厂的排水; VI、有机化工厂的排水; VII、炼焦、染料厂的排水; VIII、上游污染水的流入; IX、高碑店污水的溢流及 X、农药厂排水。

C_1 和 C_2 是上游清洁水体作为对照采样点 (图 1 未表明)。

二、资 料

“北京东南郊河流污染和自净的生物学评价”是从1976—1978年进行的。包括项目,微生物、固生藻类、浮游动物、底栖动物以及鱼类毒性测试。除了最后一项之外,各项目都有单独的报告*。

本文基于上述工作的结果,并对有些资料作了加工。各项资料列下:

1. 微生物

1) 腐生细菌计数采用普通琼脂平板法,接种平板在37℃恒温培养48小时后计数。培养基成分:牛肉膏5克,NaCl 3—5克,蛋白胨10克,琼脂20克,水1,000毫升。调pH=7.0—7.2,在15磅蒸气灭菌30分钟。

2) 污水菌 (*Sewage microbes*) (或生物粘液 *Slimes*), 包括细菌类、真菌类、原生纤毛虫等有机体。本河系出现的优势有机体为:浮游球衣细菌 (*Sphaerotilus natans*)、白色贝氏硫菌 (*Beggiatoa alba*)、动胶杆菌 (*Zoogloea* sp.)、固生纤毛虫 (*Attached ciliates*) 等。污水菌发育的分级指数如表 1。

2. 藻类 1) 优势生长比值:个体数/种数,取平均值, 2) 藻类数(P)与细菌数(R)之比值,即 $A = P/R$ 。

3. 原生纤毛虫 见表 2。

4. 底栖大型无脊椎动物 生物指数是经 Tuffery 等人以及结合本地理区域的具体生物种类修正了的 Trent 生物指数 (Persoone 等, 1979), 见表 3。

* 本专题的参加人员还有北京市环保所:赵艾、李日新、陈淑云、史曾锐、曹维勤、何大为、陈繁荣等;北京市环监站:高纬、王大薇、谢凤君、赵劭一。

表 1 污水菌生长指数

生 长 状 况	指 数
清洁水体不明显生长	6
生长差	5
生长较差	4
生长良好	3
生长茂盛	2
严重(毒)污染水体不生长	1

表 2 纤毛虫指数

优 势 生 长 种 类	指数
急游虫 (Strombidium)、筒壳虫 (Tinididium) 为主……	4
弹跳虫 (Halteria grandinalla) 等自由生活种类为主……	3
钟形虫 (Vorticella)、累枝虫 (Epistylis)、 独缩虫 (Carchesium) 等固生种类为主……	2
严重(毒)污染水体只有少数种类生活, 个体也少……	1

表 3 大型无脊椎动物指数

I 动物类群	I	II 出现的总个体数				
		生 物 指 数				
		0—1	2—5	6—10	11—15	16*
1. 襀翅目或 (Plecoptera)	1 IS.U*	—	7	8	9	10
扁蜉科 (Ecdyonuridae)	2 IS.U	5	6	7	8	9
2. 有巢毛翅目 (Trichoptera)	1 IS.U	—	6	7	8	9
		5	5	6	7	8
3. 蜉蝣目 (Ephemeroptera) (扁蜉科除外)	2 IS.U	3	4	5	6	7
4. 钩虾 (Grammaridae)	上述类群均缺	3	4	5	6	7
蜻蜓目 (Odonata)						
软体动物 (Mollusca)						
5. 摇蚊类 (Chironomidae)	上述类群均缺	2	3	4	5	—
医蛭亚科 (Hirudinae)						
6. 颤蚓科 (Tubificidae)	上述类群均缺	1	2	3	—	—
7. 管蚜蝇亚科 (Eristallinae)	上述类群均缺	0	1	1	—	—

※ S.U. 为分类单位。

5. 鱼类 按鱼类的生活状况分为有鱼类生活, 无鱼类生活和有可测的急性毒性三个类目。

各采样点的生物学和水质的分析资料列出如表 4。

表 4 各采样点的生物和水质资料

样点	指 标	结果	E ₁ 酚	E ₂ COD	E ₃ CN	污水菌	大型 无脊椎	纤毛虫	细 菌 数	藻数/藻种	藻数/细菌数	鱼 毒		
												有	无	毒
凉水河	1	C ₁	0.007	13.36	0	6	3.875	4	1.8×10 ⁴	1.29	38.4	1	0	0
	2	C ₂	0.008	14	0.002	6	3.5	4	2.5×10 ⁴	2.42	61.7	1	0	0
	3	L ₁	0.50	35.7	0.069	4.3	1.50	2	5.7×10 ⁶	2.8	0.53	0	1	0
	4	L ₂	2.50	34.8	0.190	2.25	0.25	1	4.8×10 ⁷	1.6	0.02	0	0	1
	5	L ₃	0.93	28.0	0.044	3	0.875	1	8.0×10 ⁶	1.1	0.04	0	0	1
	6	L ₄	0.27	46.3	0.0025	3.5	1.5	2	3.1×10 ⁶	9.8	1.13	0	1	0
	7	L ₅	6.51	28.7	0.53	2.25	0.5	1	1.0×10 ⁷	5.3	0.13	0	0	1
	8	L ₆	6.26	47.3	0.005	5	0.75	2	1.3×10 ⁷	7.4	0.30	0	1	0
	9	L ₇	0.33	25.0	0.006	6	1.75	3	3.8×10 ⁶	4.6	2.60	0	1	0
	10	L ₈	0.35	41.0	0.06	5.75	2.30	2	2.3×10 ⁶	5.4	9.30	0	1	0
通惠渠	11	L ₉	0.31	37.8	0.077	5.75	2.00	3	2.4×10 ⁶	2.8	1.10	1	0	0
	12	T ₁	0.05	19.5	0.011	5.25	1.83	2	7.6×10 ⁵	2.6	1.40	0	1	0
	13	T ₂	0.139	64.17	0.179	1.5	0	1	1.8×10 ¹¹	3.1	0	0	0	1
	14	T ₃	0.117	45.85	0.201	2.5	1.50	2	2.6×10 ⁹	4.0	0.13	0	1	0
	15	T ₄	0.022	445.5	0.02	2.5	0.25	2	1.6×10 ¹⁰	8.7	0	0	0	1
	16	T ₅	0.022	42.5	0.055	3.0	0.66	2	1.2×10 ⁹	6.7	0.40	0	1	0
	17	T ₆	0.020	40.0	0.04	2.5	1.13	2	4.3×10 ⁷	2.5	0.09	0	1	0
	18	T ₇	0.429	53.2	0.307	2.3	1.00	2	1.2×10 ⁹	6.8	0.50	0	1	0
	19	T ₈	93.90	612.35	0.635	1.0	0.08	1	2.2×10 ⁵	1.8	0	0	0	1
	20	T ₉	4.205	130.3	0.32	2.0	0.25	1	6.1×10 ⁸	4.5	0.05	0	0	1
通惠河	21	A ₁	0.604	38.65	0.006	3.4	1.5	2	2.6×10 ⁷	7.6	0.32	0	1	0
	22	A ₂	0.008	18.80	0.012	5.3	2.6	3	2.0×10 ⁷	2.1	1.20	1	0	0
	23	A ₃	0.310	101.55	0.023	1.75	1.0	2	9.5×10 ⁷	1.4	0.01	0	0	1
	24	A ₄	0.300	100.00	0.018	2.0	1.25	2	3.9×10 ⁷	3.6	0.02	0	1	0
	25	A ₅	0.256	101.05	0.010	1.4	0.50	1	4.4×10 ⁷	2.7	0.02	0	0	1
	26	A ₆	0.195	121.02	0.040	3.0	1.25	2	3.9×10 ⁷	3.1	0.03	0	0	1
	27	A ₇	0.385	172.00	0.004	4.6	1.75	2	4.1×10 ⁷	2.6	0.02	0	1	0

三、计 算 原 理

设有 n 个采样点, 在每个采样点上对 d_1 项定量指标和 d_2 项定性指标进行采样观测。在第 h 项定性指标中又分有 l_h 类不同的情况, 如在鱼类生活状况这一项中就可能出现: 有鱼类生活, 无鱼类生活和有可测的急性毒性三个类目。在每一个采样点观测值中如果某个类目出现, 该类目取值 1, 而其它两个类目则取值 0。这样每个采样点就共有 $d_1 + l_1 + l_2 + \dots + l_{d_2}$ 个指标。用 x_{ik} 表示第 i 个采样点第 k 项定量指标的值, y_{ihl} 表示第 i 个采样点第 h 项定性指标第 l 个类目的值。

首先, 将所有采样点每个定量指标标准化, 即如果用 σ_k 表示第 k 项定量指标各采样点的观测数据的标准差, 则将原来的每个定量指标标准化为 $x'_{ik} = x_{ik} / \sigma_k$ 。这样一来, 第 i 和第 j 个采样点在定量指标上的相像程度可以用相似系数

$$r_{ij}^{(1)} = \sum_{k=1}^{d_1} x_{ik} / x_{jk} / \sqrt{(\sum_{k=1}^{d_1} x_{ik}^2) (\sum_{k=1}^{d_1} x_{jk}^2)}$$

来表示。按定性指标, 第 i 和第 j 个采样点的相像程度可以用相似系数

$$r_{ij}^{(2)} = \sum_{k=1}^{d_2} \sum_{l=1}^{l_k} y_{ikl} y_{jkl} / d_2$$

表示。于是第 i 与第 j 个采样点的相似性可以用这两个相似系数的加权平均

$$r_{ij} = \frac{d_1}{d_1 + d_2} r_{ij}^{(1)} + \frac{d_2}{d_1 + d_2} r_{ij}^{(2)}$$

来表示。

这样一来, 矩阵

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nn} \end{pmatrix}$$

就给出了这 n 个采样点之间的相似关系, 称这类相似关系为模糊关系。通过模糊关系的复合运算就可以把模糊关系 $\tilde{R}$ 变为模糊等价关系。利用这个关系就可以在不同的相似水平上将这 n 个采样观测点逐步聚类。

将用各采样点 ($U = 1, 2, \dots, 27$) 的各类生物和水质资料算出的模糊等价关系矩阵 $\tilde{R}$ 列出如表 5。

四、结果与讨论

1. 结果 由表 5 的模糊等价关系得到聚类图 2。

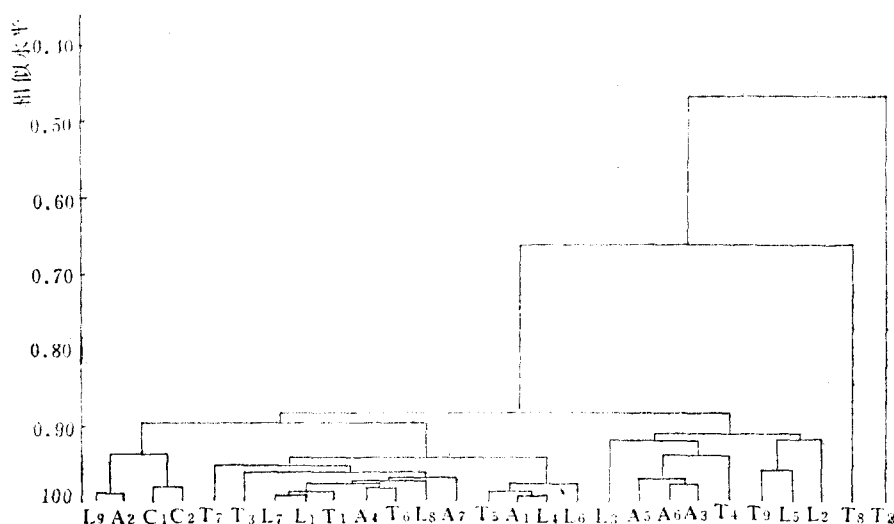


图 2 河流生态系统各主要样点的模糊聚类图

从图 2 的 0.9 水平可以分为 5 类。第一类: C_1 、 C_2 、 L_9 和 A_2 ; 第二类: T_7 、 T_3 、 L_7 、 L_1 、

表 5 模 糊 等 价

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	0.9303	0.8954	0.8852	0.8852	0.8954	0.8852	0.8954	0.8954	0.8954	0.9366	0.8954	0.4622
2		1	0.8954	0.8852	0.8852	0.8954	0.8852	0.8954	0.8954	0.8954	0.9366	0.8954	0.4622
3			1	0.8852	0.8852	0.9441	0.8852	0.9441	0.9916	0.9748	0.8954	0.9907	0.4622
4				1	0.9089	0.8852	0.9129	0.8852	0.8852	0.8852	0.8852	0.8852	0.4622
5					1	0.8852	0.9089	0.8852	0.8852	0.8852	0.8852	0.8852	0.4622
6						1	0.8852	0.9769	0.9441	0.9441	0.8954	0.9441	0.4622
7							1	0.8852	0.8852	0.8852	0.8852	0.8852	0.4622
8								1	0.9441	0.9441	0.8954	0.9441	0.4622
9									1	0.9748	0.8954	0.9907	0.4622
10										1	0.8954	0.9748	0.4622
11											1	0.8954	0.4622
12												1	0.4622
13													1
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													

T_1 、 A_4 、 T_6 、 L_8 、 A_7 、 T_5 、 A_{11} 、 L_4 和 L_9 ；第三类： L_3 、 A_5 、 A_6 、 A_3 、 T_4 、 T_8 、 L_5 和 L_2 ；第四类： T_8 和第五类： T_2 。

1) C_1 和 C_2 是清洁水体的对照采样点。 L_9 是凉水河最下游的一个采样点。上游的排污经过一段较长的流程，水质得到很大的自净。开始恢复出现有鱼类生存，河水的溶解氧：4.25 毫克/升；生化需氧量(BOD_5)：2.5 毫克/升。 A_2 是高碑店水库，通惠河上游虽然受东、南护城河及污水管道溢流污水的影响，但是经过一段流程的自净，水库又有一定库容的水的停留时间，在水库中有水花生等植物繁茂生长，有利于水质的净化。再者，上游每月又有清水补充，水质较清。鱼、虾、软体动物能正常生存。第一类点的河段是属于清洁和比较清洁的水体。

2) 第二类点都是位于排污口下游一定距离的河段。该河段污染物与河水充分混匀，并得到明显的自净，但是水质仍然比较污。从河流污染的生长模式 (Ross, 1962)，细菌是处于死亡增长期 (increasing death phase) 和对数死亡期 (log death Phase)，细菌数比较第三类点已经极大的减少。藻类的种类恢复增加，数量开始出现高峰。底栖动物种类贫乏，多数点只有耐污的颤蚓科的种类，且分布密度较高，少数点也出现摇蚊类的种类。无鱼类生活，水质的 BOD_5 达 10 毫克/升以上。

关 系 矩 阵

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0.8954	0.8852	0.8954	0.8954	0.8954	0.6557	0.8852	0.8954	0.9366	0.8852	0.8954	0.8852	0.8852	0.8954
0.8954	0.8852	0.8954	0.8954	0.8954	0.6557	0.8852	0.8954	0.9366	0.8852	0.8954	0.8852	0.8852	0.8954
0.9588	0.8852	0.9441	0.9768	0.9584	0.6557	0.8852	0.9441	0.8954	0.8852	0.9768	0.8852	0.8852	0.9708
0.8852	0.9089	0.8852	0.8852	0.8852	0.6557	0.9129	0.8852	0.8852	0.9089	0.8852	0.9089	0.9089	0.8852
0.8852	0.9138	0.8852	0.8852	0.8852	0.6557	0.9089	0.8852	0.8852	0.9138	0.8852	0.9138	0.9138	0.8852
0.9441	0.8852	0.9837	0.9441	0.9441	0.6557	0.8852	0.9935	0.8954	0.8852	0.9441	0.8852	0.8852	0.9441
0.8852	0.9089	0.8852	0.8852	0.8852	0.6557	0.9564	0.8852	0.8852	0.9089	0.8852	0.9089	0.9089	0.8852
0.9441	0.8852	0.9769	0.9441	0.9441	0.6557	0.8852	0.9769	0.8954	0.8852	0.9441	0.8852	0.8852	0.9441
0.9588	0.8852	0.9441	0.9768	0.9584	0.6557	0.8852	0.9441	0.8954	0.8852	0.9768	0.8852	0.8852	0.9708
0.9588	0.8852	0.9441	0.9748	0.9584	0.6557	0.8852	0.9441	0.8954	0.8852	0.9748	0.8852	0.8852	0.9708
0.8954	0.8852	0.8954	0.8954	0.8954	0.6557	0.8852	0.8954	0.8989	0.8852	0.8954	0.8852	0.8852	0.8954
0.9588	0.8852	0.9441	0.9768	0.9584	0.6557	0.8852	0.9441	0.8954	0.8852	0.9768	0.8852	0.8852	0.9708
0.4622	0.4622	0.4612	0.4622	0.4622	0.4622	0.4622	0.4622	0.4622	0.4622	0.4622	0.4622	0.4622	0.4622
1	0.8852	0.9441	0.9588	0.9584	0.6557	0.8852	0.9441	0.8954	0.8852	0.9588	0.8852	0.8852	0.9588
	1	0.8852	0.8852	0.8852	0.6557	0.9089	0.8852	0.8852	0.9330	0.8852	0.933	0.933	0.8852
		1	0.9441	0.9441	0.6557	0.8852	0.9837	0.8954	0.8852	0.9441	0.8852	0.8852	0.9441
			1	0.9584	0.6557	0.8852	0.9441	0.8954	0.8852	0.9791	0.8852	0.8852	0.9708
				1	0.6557	0.8852	0.9441	0.8954	0.8852	0.9584	0.8852	0.8852	0.9584
					1	0.6557	0.6557	0.6557	0.6557	0.6557	0.6557	0.6557	0.6557
						1	0.8852	0.8852	0.9089	0.8852	0.9039	0.9089	0.8852
							1	0.8954	0.8852	0.9441	0.8852	0.8852	0.8954
								1	0.8852	0.8954	0.8852	0.8852	0.8954
									1	0.8852	0.9651	0.9695	0.8852
										1	0.8852	0.8852	0.9708
											1	0.9651	0.8852
												1	0.8852
													1

3) 第三类点是属于严重污染的河段。各点均位于严重和比较严重污染排污口的正下游和次下游河段。细菌数量极大, 最高可达 1×10^{10} 个/毫升水。藻类的种类和数量都受到抑制而极大地减少。纤毛虫是固生的活性污泥的种类占优势。出现了无大型无脊椎动物生活带。河水的鱼类毒性测试有可测的急性毒性。

4) 第四类是大柳树明沟下游的西排干, 上游接受焦化厂、染料厂、化工厂的排水。河水中酚的最高检出浓度达 200 毫克/升; 氰: 1.19 毫克/升。毒性抑制细菌的发育, 细菌计数只有 2.2×10^4 个/毫升水, 污水菌不发育成生物粘液生长。但是到了下一点 (T_0) 河水被稀释自净, 细菌计数急剧增加达 6.1×10^8 个/毫升水, 出现生物粘液生长。在 T_0 点, 藻类受到明显的抑制, 种类和数量都减少。弹跳虫不出现, 大型无脊椎动物不能生存, 鲤鱼毒性测试 24 小时的 LC_{50} 为 18% (河水与稀释水的体积之比)。

5) 第五类点, T_2 是半壁店明沟入口前。沟水毒性强, 枯水季节毒性抑制污水菌形成粘液, 丰水季节沟水经稀释后粘液发育丰富。细菌数高达 1.8×10^{11} 个/毫升水。藻类种类少。大型无脊椎动物不能生存。鲤鱼毒性测试, 24 小时 LC_{50} 为 16.2%。

根据上述分析结果, 东南郊河流污染状况可用下图表示 (图 3)

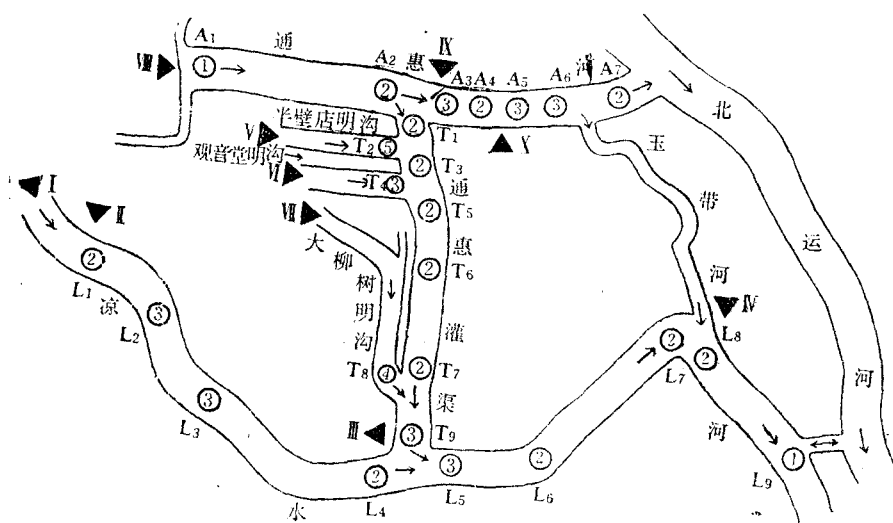


图3 东南郊河流生态系统的聚类分析

2. 讨 论

1) 对东南郊河流生态系统进行水体污染的聚类分析的结果同简单的污水生物系统 (saprobic systems) 及其它指示生物系统评价结果比较: 主要污染源的影响和水质的自净过程都是基本相符的。但是所有正对污染源排污口下游的水体污水生物系统等都把它划为 α -多污带一类, 而聚类分析却分为三类, 大柳树明沟 (T_8) 和半壁店明沟 (T_2) 各为一类, 后两类点与其它污染源排口正下游水体点 (第三类点) 很不相似。根据污染源的性质和污染强度这样分开是符合的, 较为确切。

2) 聚类分析的结果和 N. L. 尼姆诺指数比较。尼指数是根据地表水的 10 个参数*, pH、COD、DO、总盐、酶、氰、汞、砷、铬、镉和铅以及河底泥的 5 个参数: 汞、砷、铬、镉和铅求得。其结果同聚类分析的结果及污水生物系统等法的结果比较都相差较大。尼指数: (1) 半壁店明沟 (T_2) 和观音堂明沟 (T_4) 的等级都偏低; (2) 通惠河 (A_5) 点农药厂排水入河未反映; (3) A_1 和 A_2 点均划为轻污——清洁水体不符合实际情况。可以认为主要原因是重要的污染物来检测或漏检测的结果。另外, 也是只检测理化指标有一定局限性。

3) 评价水体污染采用生物指标和理化指标相结合是确定无疑的, 这样的评价能够做到比较符合实际情况。本大课题根据污染源和工厂生产过程, 从水到河泥做了相当全面的庞大的理化分析项目。但是由于生物工作和理化工作是分头进行的, 在聚类分析中所能采用的理化分析数据仅有 COD、酚和氰, 这是极大的缺陷。

4) 本模糊聚类分析工作仅是初步地作采样点水体的相似水平的聚类分析。作为评价水体传染状况, 还必须确定污染的综合指数, 以便对采样点水体的污染状况进行判别分析。

参 考 文 献

汪培庄 1980 模糊数学简介 (1)、(2)、数学的实践与认识 2: 45~59; 3: 52~63.

Crossman J. S. et al. 1974 The use of cluster analysis in the assessment of spills of hazardous materials.

* 原文如此, 实际是11项——作者。

- Am. Midl. Nat.* 92: 94—114.
- Green, R.H. 1977 Some methods for hypothesis testing and analysis with biological monitoring data. In biological monitoring of water and effluent quality, ASTM STP 607, Cairns/Dickon/Westlake (Eds.) P. 200—211.
- Hawkes, H. A. 1976 Biological classification of rivers: Conceptual basis and ecological validity. Biological monitoring of inland fisheries, J. S. Alabastin (ed.). Applied Science Pub. London. P.55—67.
- Persoon G. and N. De Pauw, 1979 Systems of biological indicator for water quality assessment. biological aspects of freshwater pollution. O. Raera, (ed), commission of the European Communities Pub. P. 62—66.
- Pittwell, L. R. 1975 Biological monitoring of rivers of the Community. Principles and methods for determining ecological criteria on hydrobiocenoses—Pro. of the European Scientific colloquium. Luxembourg. P.225—216.
- Ross, E. McKinney 1962 Microbiology for Sanitary Engineers. McGraw-Hill, New York. P.118.

AN APPLICATION OF FUZZY CLUSTER ANALYSIS TO CLASSIFICATION OF THE ASPECTS OF THE RIVER POLLUTION IN THE SOUTH-EAST SUBURB OF BEIJING

Zhu Xinyuan

(Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection)

Liu Laifu Xu Rumeai

(Beijing Normal University)

In the area in question there are principally Lian-hua stream. Tong-hui stream and Tong-hui canal. The total length of these water courses investigated is 81 KM, on which 27 sampling points have been set in terms of pollution sources. The study includes, microbes, algae, protozoal ciliates, benthic macroinvertebrates, fish, and bioassay as well as some water quality analyses.

The result of fuzzy analysis is presented. the sampling points are divided into five groups based on 0.9 similar level, as follows, Group 1. the sampling points (C_1 , C_2) in clean water zone for control and those (L_9 , A_2) at the downstream far from the pollution sources; Group 2. the points (T_2 - L_6) located in the zones downstream of the mild pollution sources and farther downstream of severe pollution sources; Group 3. the points (L_3 - L_2) located in the zones just downstream of the mild pollution sources and downstream and subdownstream of the severe pollution sources; Group 4. and 5. only one point (T_8 , T_2), respectively. they belong to two kinds of special pollution and are different from the other groups.

The result by this method is basically consistent with those by the simple Saprobic systems and N. L. Nemerow's index method. Moreover, the former is more accurate and might distinguish some pollution sources from each other. It is more conformable to the real state of water pollution.