

随机性混合数据评价技术的方法研究

姜 林 吴峙山 赵彤润

(北京市环境保护科学研究所, 北京 100037)

摘要 在城市和环境规划等方案评价中, 如何综合利用定性和定量信息是人们较为关注的问题。本文首先将方案评价中常见的定性信息分为三大类, 并用数学式来描述各类定性信息, 在此基础上, 运用随机处理的方法对定性信息进行处理后与定量信息进行综合, 以求得各个方案的优劣排序概率, 并由此概率确定最优方案。这种方法克服了以往同类方法只能利用定性信息中的排序信息的缺点, 从而使得方案评价更客观。最后, 本文给出了方法应用的实例。

关键词 规划方案的评价, 定性信息, 随机性混合数据评价技术。

在对以往方法进行评述前, 首先明确一下本文所指的定性和定量信息的含义。所谓定量信息是指准则的权重或方案相对于某准则的评分可以用确切的数值表示的信息。而所谓定性信息是指权重和评分在一定条件下难以用确定的数值表示的信息。

目前, 可综合利用定性和定量信息的方法尚为数不多, 主要有几何评价模型和分析性混合数据评价技术^[1]。由于这些方法所讨论的定性信息实体上为排序信息, 所以这些方法的应用具有一定的局限性。

一、随机性混合数据评价技术

(一) 定性信息的分类及其数学表达

对定性信息的认识和理解是研究和评价各类混合数据评价技术的基础。本文将方案评价中常见的定性信息分为三类: (1) 排序信息; (2) 区间性排序信息; (3) 非排序信息。现分述如下:

1. 排序信息

是仅仅表示评分和权重大小次序的定性信息。它也是以往方法可利用的信息, 常用序数字表示。本文为了便于随机处理, 采用数学不等式表示。如设方案 i 和 i' 相对于某准则的评分为 $E(i)$ 和 $E(i')$, 则方案 i 优于方案 i' 可表示为: $E(i') < E(i)$

$$E(i') < E(i) \quad (1)$$

假定给定 $E(i')$ 和 $E(i)$ 的总评分为 10 分, 那么 $E(i')$ 小于 $E(i)$ 的取值范围可用线段 $A'B'$ 表示 (如图 1)。显然, 当 $E(i')$ 和 $E(i)$ 的取值范围 $A'B'$ 越大, 则此信息越不确定, 反之则越确定。因而, 可用 (2) 式来表示定性信息的确定性或称其为信息量:

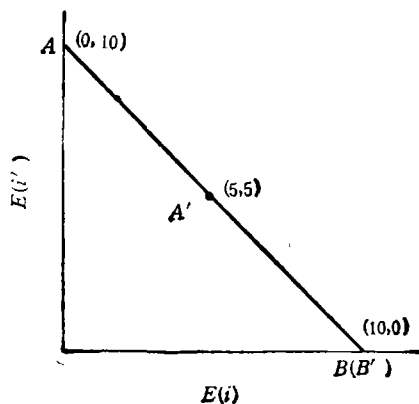


图 1 排序信息

$$CI = 1 - \frac{A'B'}{AB} \quad (2)$$

显然, 当 $A'B' = AB$ 时, 此信息完全不确定, 其信息量 (CI) 为零; 当 $A'B'$ 为一个点时, 此信息完全确定, 按公式 (2) 计算, 则其信

息量 (CI) 为 1, 因而其实质上为一定量信息。同样, 按公式(2)计算可知, 任何一条排序信息的信息量均为 0.5。

2. 区间性排序信息

是指可以排序且能估计出方案的评分或权重优劣大致相差的范围(如图 2(a) 所示), 显然, 采用以往序数字的表示方法无法表示此类信息的全部信息量。采用数学不等式则可避免其局限性, 其一般式为:

$$\frac{a'}{b'} E(i) \leq E(i') \leq \frac{a}{b} E(i) \quad (3)$$

由(2)式可推出其信息量公式为:

$$CI = 1 - \frac{\sqrt{2}/20}{\sqrt{(a-a')^2 + (b-b')^2}} \quad (4)$$

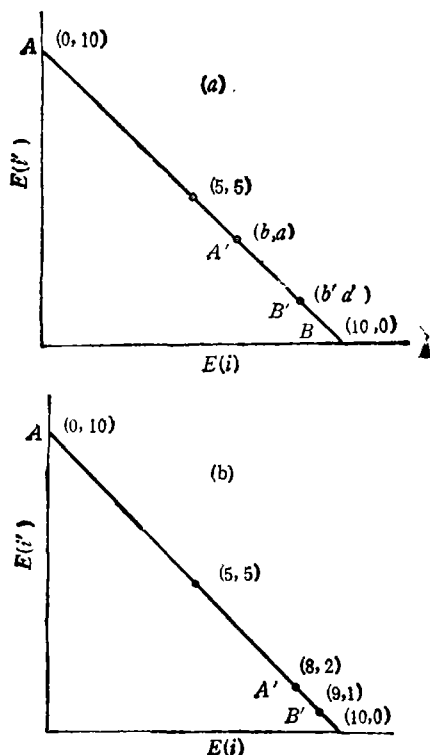


图 2 区间性排序信息

图 2(b) 为一实例, 表示 $E(i)$ 优于 $E(i')$, 且优劣程度大致在八比二和九比一之间, 按公式(3)其可表示为:

$$1/9 \cdot E(i) \leq E(i') \leq 1/4 \cdot E(i),$$

其信息量按公式(4)计算为 0.9。

3. 非排序信息

是指不可排序的定性信息, 在方案评价中常会遇到很难确定两两评分或权重之间何者更为重要, 但可断定其即便有差异, 也不会超出某一范围, 如图 3(a), 其数学式可写成:

$$b/a \cdot E(i) \leq E(i') \leq \frac{a}{b} \cdot E(i) \quad (5)$$

其信息量的计算由公式(2)可得:

$$CI = 1 - 0.1 \cdot (b - a) \quad (6)$$

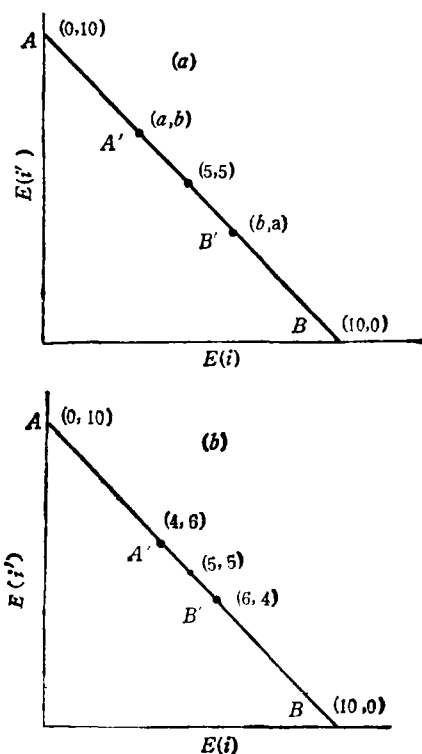


图 3 非排序信息

图 3(b) 为一实例, 其表示 $E(i)$ 与 $E(i')$ 虽难以确定何者更重要, 但其重要性的差异不会超过四比六至六比四之间, 按公式(5)其可表示为:

$$2/3 \cdot E(i) \leq E(i') \leq 3/2 \cdot E(i)$$

其信息量按(6)式计算为 0.8。

(二) 随机性混合数据评价程序与方法
在方案评价中, 将各类定性信息按数学

式表示后,便可以这些数式作为判别条件利用计算机中的随机函数产生满足这些判别条件的数组(这些数值即为符合这些定性信息的可能评分和权重),然后,将这些随机产生的评分与权重与原有的定量权重和评分(即定量信息)进行归一化后按公式(7)进行综合。即:

$$m_{ii'} = \left\{ \sum_{j \in Q} [w_j (e_{ji} - e_{ji'})^r] \right\}^{1/r} \quad (7)$$

其中 $m_{ii'}$ 为方案 i 相对于方案 i' 的总优势度, Q 为评价准则的集合, e_{ji} 为方案 i 相对于评价准则 j 的评分,包括定量的和随机产生的评分, w_j 为准则 j 的权重,包括随机产生的权重, r 为任何奇数,由于 r 为奇数,由公式(7)可推出:

$$m_{ii'} = -m_{i'i} \quad (8)$$

假定 $m_{ii'}$ 与方案 i 和 i' 的总评分 s_i 和 $s_{i'}$ 之间存在下列关系,即:

$$m_{ii'} = s_i - s_{i'} \quad (9)$$

则可得 $m_{ii'} = -m_{i'i}$, 因此此假定符合(7)式所定义的优势度的性质。

将(9)式两边同时对 i' 求和

$$\begin{aligned} \sum_{i'} m_{ii'} &= \sum_{i'} (s_i - s_{i'}) \\ &= I \cdot s_i - \sum_{i'} s_{i'} \end{aligned} \quad (10)$$

$\sum_{i'} s_{i'}$ 为各个方案的总评分值之和,显然为常数,不妨设 $\sum_{i'} s_{i'} = 0$, 则

$$s_i = \frac{1}{I} \sum_{i'} m_{ii'} \quad (11)$$

这样,每次随机产生一组评分和权重便可与定量评分和权重综合,求出各方案的总评分 s_i ,并根据总评分排定方案的优劣顺序,这样经 M 次(一般需要至少进行 100 次)运算后,便有 M 次的方案优劣排序,然后统计各方案 i 在名次 r 位的概率 $P(r, i)$,并由此选定最优方案。

值得指出的是,由于判断人员的思维方式不同,定性信息的表达方式是不同的,如在两两比较时,可不按相差多少至多少比,而直接判断出大约相差多少倍,如假定方案 i 优于 i' 为 0.67—1.5 倍,则其可直接写为 $0.67 E(i) \leq E(i') \leq 1.5 E(i)$,但两种表示方法的实质是一样的,可相互转化,如上例可转为四比六与六比四之间。

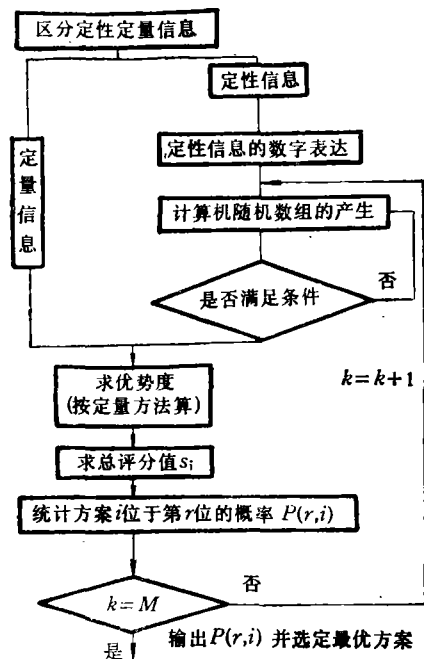


图4 随机性混合数据评价程序图

(三) 定性信息的概率分布与随机处理

在许多情况下,评分或权重在 $A'B'$ 内取值的概率不是均等的,而是为某种分布,如正态分布。从数学上来讲,通过在 $[0,1]$ 内均匀分布的随机变量可以模拟各种随机变量。因而,只要利用计算机中 $[0,1]$ 分布的标准函数便可解决具有一定分布的定性信息的随机处理。

二、实例研究

为了进一步说明本方法,我们以海口市污水处理厂规划方案评价为例^[2]。根据海口市城市总体规划设想和污水处理厂的投、

表 1 污水处理选址方案表

方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5	方案 6
海口中心市区组团和长流组团合建一个污水处理厂 位置: 海甸岛北端 近期: 规模 30 万吨处理效率为一级, 远期再扩建 15 万吨处理效率为一级	海口中心市区组团和长流组团分别建立污水处理厂 近期: 在海甸岛建立 30 万吨污水处理厂. 远期: 长流发展后建立一个 15 万吨的污水厂. 位置: 长流西海岸隔离带中. 处理规模均为一级	两组团分建污水处理厂 近期: 同方案 2 远期: 长流污水处理厂为日处理 15 万吨的二级污水处理厂, 位置仍设立在西海岸隔离带中.	近期: 同方案 2 远期: (假设马村污水厂设立在隔离带中) 将长流污水输送到隔离带中马村污水处理厂, 并将马村污水厂扩建 15 万吨, 处理效率仍为一级	近期: 秀英码头东建立日处理能力 15 万吨污水厂 处理效率一级 远期: 改秀英东污水处理厂为接纳长流 15 万吨污水. 海甸岛建 30 万吨污水厂处理中心组团污水, 处理效率为一级.	近期: 同方案 5 远期: 改秀英东污水处理厂为接纳长流 15 万吨污水且改建成二级污水处理厂. 海甸岛建 30 万吨污水处理厂处理中心组团污水, 处理效率为一级.

表 2 定量标准的评分表

标 准		方 案					
		1	2	3	4	5	6
j_1	e_{ji}	1161.95	1046.99	1046.99	1076.60	580.60	580.60
j_2		1816.95	1627.84	4962.60	1746.25	1745.65	5080.39
j_3		163.61	184.79	542.27	176.06	163.61	542.27

运行费用及其对环境的影响因素等提出了六个评价方案(见表 1)和六条评价准则, 即①近期投资; ②总投资额; ③方案实施后的总运行费用; ④对海甸岛沿岸及附近居民的影响; ⑤对长流沿岸及附近居民的影响; ⑥对金融贸易开发区及海湾海域的影响。

对于上述各方案相对于前三条准则的评分采用定量分析的方法, 其原始评分即为其费用值(见表 2)。

对于方案相对于后三条准则的评分和六条准则的权重受条件限制采用定性分析的方法。根据分析得有关各方案相对于后三条准则的评分为:

(1) 对于准则 4, 除方案 1 外, 其余方案均为在海甸岛建立 30 万吨污水处理厂。因而除方案 1 外, 其余各方案对海甸岛影响相等, 不妨设这些方案评分为 1, 则方案 1 的评分经分析认为在 1.3—1.7 之间。

(2) 对于准则 5 来说, 经分析认为方案 4 劣于方案 2, 方案 2 略劣于方案 3; 而方案 3 虽然对长流污水进行二级处理后排海, 但仍略差于在长流不设污水处理厂的方案 1, 5, 6。不妨设方案 1, 5, 6 的评分为 1, 则其余方案经分析认为方案 3 在 1.2—1.5 之间; 方案 2 在 1.5—2 之间; 方案 4 为 2—2.5 之间。

(3) 对于准则 j_6 来说, 除方案 5 和 6 对海湾有影响外, 其余均无影响。对于无影响的, 令其评分为 1, 则方案 5 和 6 认为在 2.5—3.5 和 1.5—2.5 之间。

关于权重的定性信息如下:

(1) 根据海口市经济发展状况和对环境的要求, 可以认为经济类(即前三条准则)权重之和与环境类(后三条准则)权重之和相差不多, 两者之间比约在四比六或六比四之间。

(2) 综合分析海口市目前经济状况等因素, 认为总投资、近期投资和运行费用之间不

会相差很大,可以认为两两比较的结果在四比六或六比四之间。

(3) 根据海甸岛沿岸及周围环境、海湾及金融贸易开发区以及长流东海岸对污染的敏感性及其环境功能和目标的要求,可以认为准则 4 和准则 5 两者权重相差不大,至多在四比六或六比四之间。而对于准则 6 来说,海湾污染物不易扩散,且金融贸易开发区周围环境目标要求高,因而,分析认为准则 6 要比准则 4 和 5 要高得多,与准则 4 和 5 相比在七比三和八比二之间。

当令 $e_{4-2} = e_{4-3} = e_{4-5} = e_{4-6} = 1$,

$e_{5-1} = e_{5-5} = e_{5-6} = 1$,

$e_{6-2} = e_{6-4} = 1$ 时,则对于评分的定性信息可表示为:

$$1.3 \leq e_{4-1} \leq 1.7$$

$$1.5 \leq e_{5-2} \leq 2$$

$$1.2 \leq e_{5-3} \leq 1.5$$

$$2 \leq e_{5-4} \leq 2.5$$

$$2.5 \leq e_{5-5} \leq 3.5$$

$$1.5 \leq e_{6-6} \leq 2.5$$

对于权重来说,当令:

$$w_c = w_1 + w_2 + w_3$$

$$w_o = w_4 + w_5 + w_6$$

则: $2/3 \leq w_c/w_o \leq 3/2$

$$2/3 \leq w_1/w_2 \leq 3/2$$

$$2/3 \leq w_1/w_3 \leq 3/2$$

$$2/3 \leq w_2/w_3 \leq 3/2$$

$$2/3 \leq w_4/w_5 \leq 3/2$$

$$1/4 \leq w_4/w_6 \leq 3/7$$

$$1/4 \leq w_5/w_6 \leq 3/7$$

利用 BASIC 语言中的 $[0, 1]$ 之间均匀分布的随机数的标准函数 $RND(x)$, 则可用下述方式产生满足上述数学式描述的评分和权重,即按:

$$e_{4-1} = 1.7 + (1.3 - 1.7) \cdot RND(x)$$

$$e_{5-2} = 2 + (1.5 - 2) \cdot RND(x)$$

$$e_{5-3} = 1.5 + (1.2 - 1.5) \cdot RND(x)$$

$$e_{5-4} = 2.5 + (2 - 2.5) \cdot RND(x)$$

$$e_{6-5} = 3.5 + (2.5 - 3.5) \cdot RND(x)$$

$$e_{6-6} = 2.5 + (1.5 - 2.5) \cdot RND(x)$$

$$\text{令 } w_1 = RND(x) \quad (w_1 \neq 0)$$

$$\text{则: } w_2 = 3/2 \cdot w_1 + (2/3 - 3/2)$$

$$\cdot w_1 \cdot RND(x)$$

$$w_3 = 3/2 \cdot w_1 + (2/3 - 3/2)$$

$$\cdot w_1 \cdot RND(x)^*$$

然后判断上述方式产生的 w_2 与 w_3 是满足 $2/3 \leq w_2/w_3 \leq 3/2$, 不满足则返回*, 满足则:

$$w_c = w_1 + w_2 + w_3$$

$$w_o = 3/2 \cdot w_c + (2/3 - 3/2) \cdot w_c$$

$$\cdot RND(x)$$

$$Z = RND(x)^{**}$$

$$Y = RND(x)$$

$$w_6 = w_o/[1 + 6/7 + (1/4 - 3/7)]$$

$$\cdot Z + (1/4 - 3/7) \cdot Y]$$

$$w_4 = 3/7 \cdot w_6 + (1/4 - 3/7)$$

$$\cdot w_6 \cdot Z$$

$$w_5 = 3/7 \cdot w_6 + (1/4 - 3/7)$$

$$\cdot w_6 \cdot Y$$

如果 w_4 和 w_5 不满足 $2/3 \leq w_4/w_5 \leq 3/2$, 则返回**, 满足, 则所产生的评分和权重和定量的评分与权重归一化后按公式(7)和公式(11)计算, 并根据计算所得 s_i 值排名。表 3 为经过 100 次随机取值和计算 s_i 值后统

表 3 各个方案位于不同名次下的概率表

名 次	方 案					
	1	2	3	4	5	6
1	0.14	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.41	0.14	0.00	0.45	0.00	0.00
3	0.44	0.00	0.00	0.55	0.01	0.00
4	0.01	0.00	0.92	0.00	0.07	0.00
5	0.00	0.00	0.06	0.00	0.61	0.33
6	0.00	0.00	0.02	0.00	0.31	0.67

计各方案位于不同名次的概率, 从表 3 可知, 方案 2 为最优。

三、方法的讨论

值得注意的是定性信息的随机处理本身并不能使定性信息的信息量有所增加,其实际上是扩大了可利用的定性信息的种类,从而提高了评价的客观性。由此,在应用本方法时,应尽可能提高定性信息的确定性(即信息量),同时应防治毫无根据地缩小 $A'B'$ 的范围以使得定性信息的信息量表面上有所增加,而实质上降低了定性信息的可靠性,从而

降低评价的客观性。

参 考 文 献

- [1] Hill, M. A., J. of American Institute of Planning, 34(1), 12(1986).
- [2] Paeling, J. H. P., Environment and Planning, 9, 833 (1977).
- [3] Voogh, H., Multicriteria Evaluation for Regional Planning, pp. 167—183, Pion Limited, London, 1983.
- [4] 姜林等,城市环境与城市生态, 2(2), 20(1989).

地方环境管理信息系统的 图形设计与微机实现

李江枫 程声通 司徒卫 郑柏林 章 欣

(清华大学环境工程系,北京 100084)

摘要 图形管理是 REMIS 的重要组成部分。本文从 REMIS 图形需求着手,概括图形功能,提出设计原则和实施环境,并介绍了在微机上的方法与步骤。

关键词 REMIS, 环境图形管理,微机图形技术。

图形管理是当前国内外管理信息系统的开发重点和发展方向。在地方环境管理信息系统(REMIS)中,图形管理子系统承担着与其它各子系统(数据管理、环境管理、事务管理等)同样重要的内容和繁重的任务,对于整体功能的完成和最终实现以机代人的目标都是不可或缺的。同时,图形系统在功能上自成一体,独立性强。因此,REMIS 将其分解成相对独立的模块进行设计,既考虑到制图功能的通用性,也强调了环境制图的专用性。

一、图形系统功能设计

与其它表示方式相比,图形至少有两个突出优点:一是直观性,二是综合性。目前,微机上软硬件所具有的速度和能力,已为使

用图形提供了可能。但图像生成与文本相比,仍是复杂而有局限的,图形系统的研制所遇到的困难也较多。

(一) 图形需求与功能分析

环境图形用于反映一切与环境质量有关的自然和经济条件、污染源与污染物、环境污染与环境质量状况,以及多种环境要素、环境状态的时空分布特征和数量质量指标。REMIS 的图形需求可分为两类。

1. 统计图形

它们能直观地表示各种数据的统计结果,有利于解放手工制图,加快环境质量报告书的编制。

2. 地理图形

收稿日期: 1991 年 3 月 11 日

Study on Decolorization of Dyeing Wastewater by Mixed Bacterial Cells Immobilized in Polyvinyl alcohol (PVA). Liu Zhipei, Yang Hufang, Jia Shengfeng (Institute of Microbiology, Academia Sinica, Beijing): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

In preparing mixed decolorizing bacterial cells immobilized in polyvinyl alcohol (PVA) for decolorizational treatment of dyeing wastewater, the optimum concentrations of PVA and cells were 12% (w/v) and 2% (w/v), respectively. pH Value had little influence on the cell immobilization course. The immobilized cells of mixed decolorizing bacteria were similar to the native cells for their function of decolorization of dyeing wastewater. The optimum temperature and pH were 30—40°C and 7.0, respectively. The highest decolorizing activity and thermal stability were observed at pH ranging from 6.0 to 8.0 and temperature ranging from 25°C to 40°C. In the course of one month continuous decolorizational treatment of dyeing wastewater, the retention time of wastewater was found to be less than 3.0 hours and decolorization rate reached 70—80%.

Key words: mixed decolorizing bacteria, polyvinylalcohol (PVA), immobilized cells, decolorization of dyeing wastewater.

Effect of Plant Hormone "802" on the Performance of Water Hyacinth in Cool Tolerance and Pollution Control. Huang Daobing (Changde Environmental Monitoring Station), Qiu Changqiang, Sun Xingxiang, Zhou Yuanxiang (Institute of Hydrobiology, Academia Sinica): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

To sprinkle plant hormone 802 on the leaves of water hyacinth can improve its performance in cool tolerance and pollution removal. Puffy concentration of 802 on the leaves should be around 100ppm. However 802 can not improve the limit of low temperature tolerance of water hyacinth and, as a result, the water hyacinth will still die of frostbite at the temperature below 5°C.

Key words: water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), plant hormone 802.

Controlling Algal Overgrowth with Chemical Methods. Lan Zhiwen, Zhao Ming, Yin Chengqing (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

Using enclosure ecosystem bags, the control of algal overgrowth with chemical methods is studied in eutrophic Chaohu Lake. The results show that 0.20—0.30mg/l of total Cu can effectively control the overgrowth of *Microcystis* bloom. Iron salt, as synergist, can greatly enhance the effects of copper algicide.

Key words: *microcystis* bloom, algicide, synergist, enclosure ecosystem.

Research on the Technique of Stochastic Mixed Data Evaluation. Jiang Lin, Wu Zhishan, Zhao Tong (Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

It is very important to deal with qualitative and quantitative information together in the evaluation of alternative plans, such as urban and environmental plans. In this paper, a new method, the technique of stochastic mixed data evaluation is illustrated. In this method, the qualitative information is classified into three different types and all the types are described by mathematical formulas and treated by using random generator according to these formulas. Then, treated qualitative information is combined with the quantitative information to evaluate the alternatives. This new method improves the mixed data evaluation techniques which are only able to deal with partial qualitative information—ordinal information. At last, a case study is given.

Key words: quantitative information, qualitative information, ordinal information, stochastic mixed data evaluation.

Graphic Design and Programming in Regional Environmental Management Information System. Li Jiangfeng, Cheng Shengtong, Situ Wei, Zheng Bolin (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University): chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

Graphic management is one of the important and necessary parts of REMIS. On the basis of analysis of REMIS graph demands, this paper summarizes the functions of graphic system and puts forward the design principles and programming environment. It also illustrates the methods and steps of the function realization on personal computers.

Key words: REMIS, environmental graph management, computer graphics.

Determination and Analysis of Activities of the Biological Film of a Productive Four-Stage Rotating Biological Contractor. Zhou Chunsheng, Liu Changsong (Jilin Architectural and Civil Engineering Institute): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

Active parameters such as Volatile Solid (VS), Active Microorganism Number (AMN) and TTC-Dehydrogenase Activity (TTC-DHA) of the biological film of a four-stage rotating biological contractor (RBC), which was used in the treatment of waste water from the production of bioproducts, was determined, while degradation characteristics of RBC for waste pollution targets (BOD₅, COD and Volatile Phenols) being monitored. The relationship between VS, AMN and TTC-DHA and stages as well as the correlation between TTC-DHA and VS were also analysed and discussed. Results show that TTC-DHA would