

黄河三角洲海岸稳定性特征的模糊分类^①

黄海军 李成治

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

收稿日期 1992年6月1日

关键词 模糊分类, 岸滩稳定性, 黄河三角洲

提要 本文首次将模糊分类方法引入海滩动态性特征分类的研究中。

模糊分类对多要素影响的复杂实体的分类有较大的优越性, 尤其对那些影响因素是渐变的以及不易数量化的实体是如此。该方法在海洋水文、气象等方面有较为广泛的应用。本文首次将其引

^① 国家自然科学基金资助项目(48970270)。

入海岸稳定性的分类研究中。

1 聚类要素及样品的选择

海岸稳定性的模糊分类,首先需要选择参与聚类的要素以及各个要素的权系数,根据黄河三角洲岸滩动力作用、岸滩进退、河道演化规律以及岸滩周围沉积物性质、岸滩地形、人类活动作用的强弱等地质地貌及环境要素分析,本文选取了9个要素,即岸线进退特征、风浪的影响强弱、人类影响程度、海岸岸滩发育、岸滩潮流流

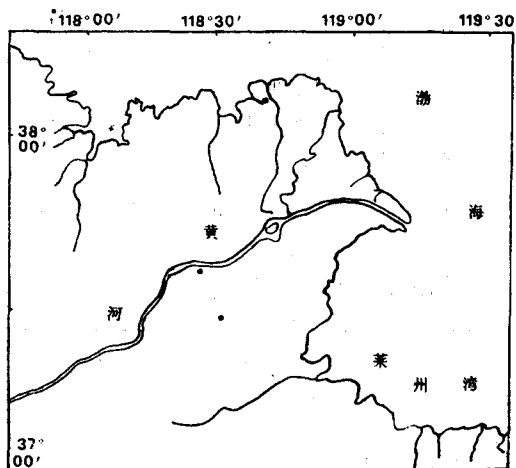


图1 研究区位置
Fig. 1 The location of the Huanghe River Delta

速、岸滩滩面坡度、平均大潮潮差、岸滩构造特征及岸滩底质类型等参与计算,由于各要素在本区对海岸岸滩稳定性所起的作用不同,因而本文对各要素取不同的权系数。

本文研究范围北起河北省芦咀附近,东到莱州市沙河附近(图1),以岸线宽10km作为一个基本单元,即一个样本,从三角洲西北部起编号,各单元(样本)要素值取其中线值或整个单元的平均值。

2 要素的分级、评分原则

模糊聚类是进行数字运算,对样本中不能或不易测量的要素给予数量化,一般采用判定隶属度的方法,直接对每个样本的要素给出隶属度,即对这些要素评分;对那些可直接得到数据的要素也应进行分级、评分^[1]。要素等级的划分是根据各要素本身变化的特点而定,有些要素变化明显,如河流发育阶段,以尾间河道改道时序来划分;有些要素则本身变化不明显,如潮流流速、滩涂比降、潮差等。要素等级的评分是根据其对岸滩稳定性作用的大小而定:对岸滩影响作用大者得低分,否则得高分。如风浪要素,该区的常向浪和强向浪均为北东向,因而东北向的岸滩受其影响较强,岸滩稳定性相对较低,给予低分,相反在背风岸段,稳定性程度较高,给予高分等等。各要素的分级及评分见表1,以此为依据,对30个样本各要素均进行了评分(表略)。30个样本在评分后,合并成26个。

3 模糊相似矩阵的建立

对以上选出的9个要素,要计算出反映它们之间相似程度的统计量 R_{ij} ($i, j = 1, 2, 3, \dots, 30$),从而确定论域 u ($u = 1, 2, \dots, 30$) 上的相似关系 R 。本文采用最大最小法^[1]来计算 R_{ij} ,即选取第 i 个和第 j 个样本各要素得分中的低分之之和与高分之和之比。即:

$$R_{ij} = \begin{cases} \frac{\sum_{k=1}^q \min(x_{ik}, x_{jk}) \cdot P_k}{\sum_{k=1}^q \max(x_{ik}, x_{jk}) \cdot P_k} & (i \neq j) \\ 1 & (i = j; i, j = 1, 2, \dots, 30) \end{cases} \quad (1)$$

表 1 要素分级表

Tab. 1 The grade of elements

	1	2	3	4	5	6
A	>120	120~110	110~100	100~90	<90	
B	0.3	0.3~0.2	0.2~0			
C	300~240	240~180	180~120	120~60	60~0	
D	粉砂	粘土质粉砂	粉砂质粘土	砂质粉砂与粉砂质粘土		
E	1976 至今	1964~1976	1959~1964	1934~1959	1934 年以前	莱州湾
F	港口、油田	盐田、虾池	影响较弱区			
G	防潮堤等	农耕地	强进蚀海岸	蚀退海岸	稳定海岸	
H	淤进海岸	弱进蚀海岸	弱			
I	强	中	构造现象不 明显区			

A 为潮流流速(cm/s);B 为滩涂比降(‰);C 为潮差(cm);D 为底质沉积物类型(1989.8 取样);E 为发育阶段;F 为人类影响;G 为岸线进退;H 为风浪影响;I 为构造部位。

表 2 模糊相似矩阵表(R)

Tab. 2 The fuzzy analogue matrix R

	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	27	29	30
1																										
4	.92																									
5	.85	.88																								
6	.79	.78	.88																							
7	.75	.75	.85	.96																						
8	.75	.75	.75	.82	.85																					
9	.6	.64	.59	.58	.6	.72																				
10	.56	.56	.53	.53	.55	.68	.91																			
11	.62	.61	.69	.58	.61	.69	.83	.91																		
12	.66	.68	.65	.68	.65	.68	.65	.7	.77																	
13	.68	.73	.67	.65	.61	.65	.61	.65	.72	.93																
14	.59	.63	.68	.63	.59	.52	.59	.6	.68	.78	.85															
15	.43	.43	.5	.52	.49	.5	.57	.59	.61	.57	.75	.64														
16	.4	.42	.47	.5	.52	.53	.58	.6	.61	.51	.48	.59	.9													
17	.34	.35	.4	.46	.47	.48	.56	.62	.55	.56	.44	.49	.77	.86												
18	.37	.36	.41	.46	.48	.49	.53	.47	.62	.54	.5	.57	.84	.86	.85											
19	.39	.38	.43	.49	.45	.46	.48	.52	.55	.54	.5	.53	.84	.8	.78	.86										
20	.75	.71	.8	.76	.73	.78	.55	.51	.58	.76	.65	.63	.5	.47	.45	.49	.55									
21	.77	.75	.70	.77	.71	.63	.55	.51	.58	.62	.64	.62	.45	.42	.4	.44	.49	.89								
22	.77	.74	.77	.73	.7	.63	.55	.52	.55	.64	.66	.64	.47	.41	.39	.45	.48	.87	.98							
23	.74	.75	.77	.71	.68	.69	.56	.5	.51	.52	.53	.54	.47	.44	.38	.39	.41	.67	.77	.76						
24	.75	.78	.7	.72	.69	.7	.57	.51	.52	.52	.54	.54	.48	.45	.39	.4	.42	.68	.73	.72	.95					
25	.8	.79	.83	.76	.74	.67	.54	.49	.49	.57	.58	.59	.45	.43	.37	.38	.4	.72	.77	.76	.91	.95				
27	.76	.76	.71	.65	.62	.65	.54	.49	.58	.56	.57	.5	.38	.36	.31	.32	.34	.61	.66	.65	.77	.81	.84			
29	.76	.82	.73	.64	.62	.64	.53	.48	.52	.57	.57	.55	.38	.36	.31	.32	.33	.6	.65	.64	.76	.79	.83	.94		
30	.81	.78	.74	.68	.66	.68	.57	.51	.55	.59	.6	.53	.41	.38	.33	.34	.36	.64	.69	.69	.81	.85	.89	.95	.94	

注:对角线上元素值均为 1,且为对称矩阵。

式中 x_{ik}, x_{jk} 分别表示第 i 和第 j 个样本第 k 个要素的得分($k=1,2,\dots,9; i,j=1,2,\dots,30$), P_k 为各要素的权系数,根据各要素对海岸稳定性影响的强弱,本文取为 0.4,0.3,0.3,0.3,0.2,0.2,0.1,0.1,0.1。该法方便之处在于不用对各样品得分进行归一化,权系数本身也没有归一化的限

制^[1]。计算后的相似矩阵 R 见表 2, 由于 R 为对称矩阵, 故只列出下三角矩阵。

由上述方法求得的相似矩阵 R , 一般只具有自反性和对称性即满足 $R_{ij}=R_{ji}$, $R_{ii}=R_{jj}=1$, 但不具有传递性即 $R \cdot R \subseteq R$, 这样的矩阵不是模糊等价矩阵, 故不能进行聚类分析。模糊等价矩阵一般通过矩阵自乘来求得。本文用另一种聚类方法, 即最大树法^[1]。此法即是构造一个特殊的图, 以所有需分类的对象为顶点, 当 $R_{ij} \neq 0$ 时, 顶点 I 与 J 就可以联成一条边。作图时先画出顶点集中的某个点 I , 然后按 R_{ij} 的大小顺序依次联边, 并且要求不产生回路, 直到所有的顶点全部联完, 这时就得到一棵最大树 I_0 (图 2)。对最大树取 q 截集, 即去掉那些 $R_{ij} \leq q$ 的边 ($q \in [0, 1]$), 就可以把最大树 I_0 截成互不连通的几棵子树, 每棵子树代表一种岸滩稳定性类型, q 的取值不同, 子树的个数也不同, 由此可以得到一个岸滩稳定性分类系统 (图 2)。

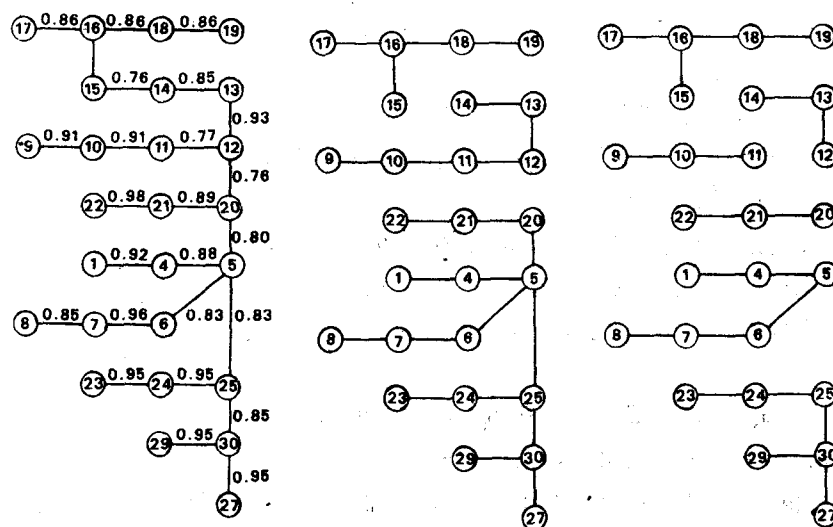


图 2 岸滩稳定性分类系统

Fig. 2 The series sketch of beach stability's classification

表 3 岸滩动态分类表

Tab. 3 Classification of beach stability

黄河三角洲岸滩	不稳定淤进型	清水沟型
	不稳定蚀退型	刁口型
		神仙沟型
	稳定弱变动型	缓冲缓淤型
		快速沉积与快速沉降型
		相对稳定型 (莱州湾南岸)

4 聚类结果及岸滩动态特征分析

当 q 取 0.85 时, 最大树 (I_0) 变为 6 棵子树 (I_2), 每棵子树包括的样本数分别为 8, 3, 3, 5, 3, 8 个; 当 q 取 0.76 时, 最大树变为 3 棵子树 (I_1), 每棵子树包括的样本数为 19, 6, 5。本区岸滩的动态分类依此分为 3 大类、六亚类 (表 3)。根据调查资料, 各类岸滩有下述特征。

第一类为不稳定快速淤进型: 该类型包括 5 个样本, 即从孤东油田南侧起至小岛河以北岸段, 为现行河流入海、岸线向外快速发展的河嘴段。此段岸滩由黄河最近一次改道清水沟堆积而成, 沉

积物相对较粗,由于黄河河嘴向外快速伸出,其岸滩外侧有一潮流高值中心;河口北侧岸滩为NW~SE向延伸,与北东向强浪向垂直,动力条件较强,区内岸滩滩面较窄,坡度较大,在0.32~0.57%之间,三角洲前缘末端尤其如此,该处地形起伏大,冲沟、塌陷、滑坡较多,为较活动的区域^[2],滩面上水下通道较多,大多为潮流通道,它们为高悬沙流扩散的主要通道。目前该区为海滩发育的第一阶段即快速淤积阶段,随后,河流改道,物质来源中断,岸滩侵蚀后退,将经历一个较长的海岸演化过程,故而本岸段为一极不稳定区域。

第二类为不稳定蚀退型:该类型包括6个样本,岸滩从挑河口至孤东油田南侧与前一类型相接。据区内差异,又可进一步分为两个亚类,即快速蚀退的刁口型和缓慢蚀退的神仙沟型。

前者为刁口流路形成的三角洲岸滩,河口改道时间不长,岸滩正处于快速调整阶段,该岸段潮流流速大,潮差小,处于东北岬角西侧,风浪作用较强,在构造上处于5号桩凸起的西端,由于沉积物来源中断后,该区沉积物有“簸选”作用,沉积物粒径较粗,岸滩坡度大,岸滩快速后退,为不稳定的岸滩。

神仙沟型为神仙沟流路形成的岸滩,由于河流改道已久,河口沙嘴等也被后期动力作用改造成较平滑岸线,岸段南侧为胜利油田,沿岸为海堤所拦,岸线因而较为稳定,海堤以外,近年来非但没有侵蚀,受现行黄河河口悬沙影响,略有淤积。

第三类为稳定型岸滩:该类型分布在三角洲的北侧、东侧,莱州湾顶部岸滩也归入此类,范围最广。总的特点是岸滩变化较小,岸滩宽度大,滩面坡度小,沉积物粒度较粗,水动力条件相对较弱。然而,根据黄河悬浮物质影响程度大小,黄河改道时间的长短,构造部位等因素的差异,本类型又可分为三个亚类。

三角洲北岸的缓冲缓淤型:该类型从三角洲西端起至挑河口止,黄河改道时间已久,岸滩与其水动力条件基本相平衡,但是由于区内水动力条件较弱,三角洲体保存较好,岸滩较稳定,宽度大;沉积物由西向东略为变粗,由粉砂质粘土到粘土质粉砂,高潮滩上人类活动较频繁,人为护岸筑堤增加了该段岸滩的稳定性。该亚类由于黄河泥沙的影响以及水动力条件的差异,沿岸的沉积作用也不同,故而可以进一步加以分类, q 值不同,亚类数也不同。

现行河口南侧,沉积速率较快,沉降速度也较快,岸线变动微弱型:该亚类从小岛河至支脉沟,是现行黄河泥沙主要沉降区之一,近年黄河河口南偏以来更是如此。²¹⁰Pb测年资料表明,该区沉积速率很高,然而水深不仅未有减小,反而有增加的趋势;近年来岸线略有进退,但无明显趋势;沉积物较细,岸滩宽度大、坡度小;在构造上处于缓慢下沉阶段,新构造运动目前较活跃。

黄河影响微弱、构造相对平静的莱州湾南部稳定型:该亚类从支脉沟起至莱州市沙河附近,范围较广,但区内各要素较为均一。该区黄河物质影响较少,小清河口附近在持续北风天气下,黄河泥沙才能到达;岸滩组成物质较粗,主要由南侧低山丘陵上短小河流带入,小河三角洲明显可见;由于湾顶水深浅,风浪作用较弱,且在地形限制下潮流作用也不强,加上该区盐田、养殖业较多,不少地段筑起海堤,更增加其稳定性。但因湾岸地形为增减水风暴潮多发区,岸滩沿岸常遭海水入侵。该区的岸线变动很小,只有10a以上的时间尺度才能看出,且限于西段。

5 结语

5.1 用模糊聚类分析法进行海岸各段分区并结合海岸调查资料进行海岸动态性分类是可行的。由于海岸的稳定性特征受许多因素的影响,单一因素进行分类难以反映其基本特征,而模糊分

类则可以解决用多因素来分类的问题。本文用 9 个对海岸稳定性作用较大的因素进行分类,分类结果与实际情况基本相符。

5.2 分类结果的好坏在很大程度上取决于参与分类因素的选择、各因素的分级及其评分。一般采用专家评分法,或用隶属函数来加以计算。

5.3 由于本文是首次用模糊分类法来研究海岸稳定性分类,故而在应用中尚有许多不完善之处,有待进一步研究。

参考文献

- [1] 贺仲雄,1985。模糊数学及其应用。天津科技出版社,42~128。
- [2] 杨作升等,1990。青岛海洋大学学报 20(1):7~35。

THE FUZZY CLASSIFICATION OF THE HUANGHE RIVER DELTA'S BEACH STABILITY

Huang Haijun and Li Chengzhi

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071*)

Received: Jun. ,1,1992

Key Words: Fuzzy classification, Beach stability, Huanghe River Delta

Abstract

The method of fuzzy classification is used in the study of beach stability for the Huanghe River Delta area for the first time. The beach studied may be divided into 3 types and 6 subtypes based on their stability. The result shows good identical with field investigation. The feature of each type is described in the article.