

基于模糊综合评价的基本功能岸段划分方法研究

于永海^{*1,2}, 王延章¹, 索安宁², 康敏捷², 张永华², 韩富伟²

(1. 大连理工大学 管理与经济学部, 辽宁 大连 116024;

2. 国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023)

摘要: 基本功能岸段划分涉及的因素很多, 诸多因素错综复杂. 为避免功能岸段划分的主观性, 以辽宁省基本功能岸段划分为例, 从海岸自然环境特征、海岸开发利用现状、海岸资源社会经济需求和相关的海洋功能区划/规划等方面构建了基本功能岸段综合评价指标体系, 建立了以模糊综合评价方法为主体的海岸基本功能综合评价方法, 并采用 GIS 技术实现了评价过程的复杂计算和功能岸段的划分与结果输出. 结果表明, 从理论与技术方法上该方法可以为基本功能岸段划分提供切实可行的支撑技术.

关键词: 基本功能岸段; 模糊综合评价; GIS 技术; 海岸线; 辽宁省

中图分类号: S937; X321 **文献标志码:** A

0 引言

海岸资源是海洋资源的重要组成部分, 是海洋经济发展的重要载体, 也是海洋开发建设、围填海的主战场^[1]. 近年来, 随着海洋经济的发展, 海岸资源利用的范围和规模迅速扩大, 一些地方随意占用稀缺的海岸资源, 大规模地开展填海造地活动, 不仅造成海岸资源的严重浪费, 而且给海岸自然环境和生态系统带来了巨大的压力^[2,3].

基本功能岸段是指为实现海岸资源开发、环境保护的有效管理, 依据海岸的自然环境特征、开发利用现状和社会经济发展需求等, 人为划定并确定其社会经济、自然保护的主要功能的某一海岸段. 基本功能岸段划分的作用在于对海洋功能区划规定的海岸部分的功能区进行进一步的量化和细化, 目的是通过科学确定海岸的基本功能, 并依据每个基本功能岸段的功能定位, 制定具体的、操作性较强的管理要求, 建立以海岸基本功能管制为核心的海岸资源开发与保护管理机制, 全面提升海岸资源管理的科学性和实效性.

基本功能岸段划分要在搜集、整合大量基础

资料的基础上, 对海洋自然环境条件、开发利用现状、社会经济发展需求、海洋功能区划及相关涉海规划等多方面进行综合分析评价的基础上才能确定. 对于这种涉及多因素、多指标的复杂性问题的综合评价, 采用传统的定性评价方法往往具有较大的片面性. 模糊综合评判方法, 是一种运用模糊数学原理分析和评价具有“模糊性”事件的系统分析方法, 该方法通过模糊推理将定性定量相结合、精确与非精确相统一, 对处理难以用精确数学方法描述的复杂系统问题具有独特的优势, 已在许多学科领域得到了广泛应用^[4,5]. 地理信息系统(geographic information system, GIS)技术提供了强大的空间数据管理、处理、分析以及可视化功能, 为具有空间属性的海洋资源评价工作提供了强有力的支持. 利用 GIS 技术可对海岸资源环境、开发利用需求与规划的多方面、多学科海量数据进行综合管理与评价, 并借助其空间分析功能实现评价模型中多指标的复杂计算和基本功能岸段单元的逐级确定^[6].

基本功能岸段划分是海洋资源环境保护与利

用规划的重要内容,为避免评价过程与海岸基本功能界定的主观性、片面性,提高评价过程与结论的客观性与科学性,本文以辽宁省基本功能岸段划分为例,探讨运用模糊综合评判模型结合 GIS 技术实现基本功能岸段划分的技术与方法,以期为全国基本功能岸段划分和海岸保护与利用规划提供理论与技术支撑.

1 辽宁省海岸概况

辽宁省海岸线东起鸭绿江口,西至老龙头,岸线总长为 2 920 km,其中大陆岸线 2 296 km,总长度居全国沿海 11 个省、市、自治区的第 5 位,人均岸线长度仅次于广东省.基岩海岸占大陆岸线总长的 16.50%,集中分布于辽东半岛南端,其中城山头到黄龙尾岸段长 391.86 km,平岛到东嘴子岸段长 166.88 km,岸线曲折,岬角、海湾广布.沙砾质海岸占大陆岸线总长的 28.29%,分布在辽东湾东、西两岸,东岸包括黄龙尾至平岛和东嘴子至盖州角两段,西岸从小凌河口到辽冀分界处,黄海北部沙砾岸段仅有老鹰嘴至城山头一段,海岸侵蚀和堆积作用并重,港址以近内湾型、开敞型、河口港型、岛港型为主.淤泥质海岸占大陆岸线总长的 33.84%,分布在鸭绿江口至大洋河口,盖州角至小凌河口,大洋河口至老鹰嘴,堆积作用明显,岸线以向海推进为主^[7].人工海岸线长度为 1 491.7 km,海岸线开发利用率为 71.60%.

2 基本功能岸段划分方法

2.1 基本功能岸段类型

依据全国海岸保护与利用规划试点技术方案,基本功能岸段可以划分为 7 大类型.港口岸段:指适合港口建设的岸段,包括码头、防波堤、港池、航道、仓储等建设的岸段;渔业岸段:指适合渔业生产和重要渔业品种保护的岸段,包括适合渔港和渔业设施基地建设,养殖、增殖、捕捞生产,以及重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道等的岸段;矿产和能源岸段:指适合盐业开发、油气和固体矿产等各类矿产的勘探与开发、海洋能和风能等开发利用的岸段,包括盐田、养水池、盐业码头、盐业取排水口、油气钻采平台、海砂

开采、海洋能与海上风能开发利用等的岸段;旅游岸段:指适合旅游娱乐的岸段,包括适合风景旅游区、浴场、滨海娱乐休闲与景观带、游乐场、水上运动场及辅助设施等开发的岸段;建设岸段:指适合临海工业和滨海城镇建设的岸段;保护岸段:指需要保护的岸段,包括已划定保护区或未划定保护区但具有重要自然、人文和生态保护价值的岸段;其他岸段(保留岸段):指具有特殊利用价值或功能尚未明确、有待通过科学论证来确定具体开发利用方向的岸段,包括适于军事、污水达标排放和倾倒及基本功能定位尚难确定的岸段.

2.2 基本功能岸段模糊综合评价

由多因素决定的复杂系统,各因素之间的相互作用关系及各因素对主导功能的影响程度在量上是难以精确衡量的,即具有“模糊性”特征.这就要求评价者必须根据评价问题的性质、目标、要求等选择适宜的评价模型和方法.模糊综合评价方法正是解决这种多因素之间模糊复杂关系的一种评价方法^[4].

基本功能岸段评价需要对影响岸段功能的多个指标进行评价,以适宜性评语集合来描述功能岸段的评价结果^[5].指标体系可以用 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 来表示,评语集合可以用 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 来表示.如果着眼于第 i 个指标 u_i ,其单因素评价结果为 $R_i = (r_{i1} \ r_{i2} \ \dots \ r_{in})$,则 m 个因素的评判矩阵就是 U 到 V 上的一个模糊关系.

$$R = \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

如果对各评价指标的权重分配为 $A = (a_1 \ a_2 \ \dots \ a_m)$,即 A 是评价指标体系 U 上的一个模糊向量, $0 \leq a_i \leq 1$ 且 $\sum_{i=1}^m a_i = 1$.通过模糊变换运算可以得到评语集合 V 上的一个模糊向量,即综合评判的结果 B :

$$B = A \circ R = (b_1 \ b_2 \ \dots \ b_n)$$

2.2.1 建立指标体系 功能岸段评价的指标体系是对功能岸段进行综合评价的前提和基础.指标体系设置得是否合理和准确,直接影响着评价

结果的科学性、可靠性和准确性. 功能岸段的指标体系包括海洋自然环境条件、开发利用现状、社会

经济发展需求、海洋功能区划及相关涉海规划 4 类二级指标和 15 个三级指标,如图 1 所示.

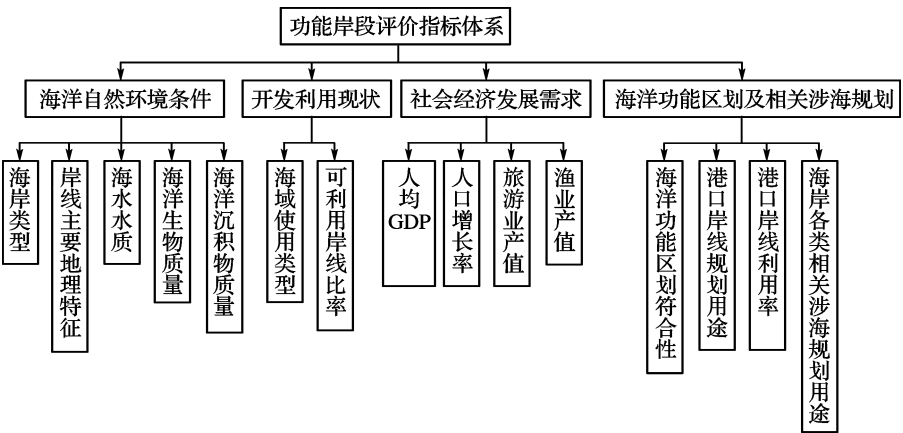


图 1 功能岸段评价指标体系

Fig. 1 Evaluation index system of function coastline

海洋自然环境条件指标包括海岸类型、岸线主要地理特征、海水水质、海洋沉积物质量、海洋生物质量 5 项指标. 海岸类型反映了海岸成因形态的差别,它是海岸最基本的属性,是海岸开发利用的自然基础. 岸线重要地理特征指标反映了河口、海湾、喀斯特地貌、湿地、沙滩等重要的地理特征,体现了岸线在生态环境等方面的重要价值. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量指标综合反映了环境承载力状况.

开发利用现状包括海域使用类型指标与可利用岸线比率指标. 海域使用类型反映了人类对海域开发利用的方式和方向,直接影响功能岸段划分的地理范围. 可利用岸线比率反映了海岸开发利用强度与海岸开发利用潜力.

社会经济发展需求指标包括区域人口增长率、人均 GDP、旅游业产值、渔业产值 4 项指标.

海洋功能区划及相关涉海规划指标主要考虑海洋功能区划的符合性、港口岸线规划用途及岸线利用率.

2.2.2 确定评语集合 根据评价决策的实际需要,功能岸段评价分为 4 个等级:很适宜、适宜、不适宜、很不适宜. 即评语集合为

$$V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\} =$$

{很适宜, 适宜, 不适宜, 很不适宜}

2.2.3 确定权重系数 常见的确定权重系数的

方法有:(1)主观经验判断法;(2)专家调查法或专家征询法;(3)评判专家小组集体讨论投票表决法;(4)层次分析法. 为了保证确定的权重系数的客观性、公正性和科学性,常常可将上述几种方法结合起来使用^[8].

基于层次分析法的基本原理,通过构建各级判断矩阵,确定各项指标的相对重要性. 首先构建二级指标的判断矩阵,包括影响港口岸段、渔业岸段、矿产和能源岸段、旅游岸段、建设岸段、保护岸段和其他岸段类型的海洋自然环境条件、开发利用现状、社会经济发展需求、海洋功能区划及相关涉海规划指标判断矩阵;其次构建三级指标判断矩阵,包括构成和影响以上四方面影响因素的子因素的指标判断矩阵. 对各级影响因素进行两两重要性比较. 采用 1、3、5、7、9 等级对评价指标的重要性进行比较,1 表示两元素具有相同的重要性,3 表示前者稍重要,5 表示前者明显重要,7 表示前者强烈重要,9 表示前者极端重要;2、4、6、8 为上述判断的中间值.

分别对各个功能岸段类型及影响因素构建的判断矩阵进行计算,经过一致性检验后得到如下结果,见表 1.

2.2.4 基于 GIS 技术的基本功能岸段模糊评价与划分 基本功能岸段的划分与评价过程要求处理与分析岸线数据并进行复杂的计算,这些工作

表 1 指标权重结果

Tab. 1 Results of the index weight

功能类型	海洋沉积 物质量	海洋生 物质量	海水水质	岸线主要 地理特征	海岸类型	海域使 用类型	可利用 岸线比率	人均 GDP
港口岸段	0.024 0	0.019 6	0.028 1	0.035 8	0.045 5	0.136 6	0.091 5	0.061 3
渔业岸段	0.033 2	0.049 5	0.043 9	0.049 5	0.068 2	0.094 6	0.077 5	0.072 3
矿产和能源岸段	0.031 7	0.029 3	0.030 5	0.043 7	0.047 3	0.149 7	0.122 6	0.085 6
旅游岸段	0.043 6	0.045 4	0.062 5	0.076 4	0.082 7	0.093 7	0.076 7	0.053 3
建设岸段	0.034 2	0.029 1	0.028 0	0.043 4	0.047 1	0.141 8	0.116 1	0.081 3
保护岸段	0.072 0	0.091 5	0.081 2	0.116 4	0.126 1	0.092 4	0.061 9	0.034 6
其他岸段	0.047 8	0.044 1	0.045 9	0.065 8	0.071 3	0.130 0	0.106 5	0.061 6

功能类型	人口 增长率	旅游业 产值	渔业产值	海洋功能 区划符合性	港口岸线 规划用途	港口岸线 利用率	沿海经济 带规划用途
港口岸段	0.047 7	0.082 7	0.086 9	0.128 1	0.073 9	0.060 5	0.077 7
渔业岸段	0.048 5	0.056 3	0.092 9	0.110 8	0.052 4	0.055 0	0.095 4
矿产和能源岸段	0.066 7	0.049 4	0.057 4	0.077 3	0.057 3	0.057 3	0.094 4
旅游岸段	0.039 5	0.071 9	0.043 6	0.097 6	0.065 4	0.059 2	0.088 3
建设岸段	0.054 5	0.049 3	0.060 2	0.081 1	0.069 8	0.060 1	0.104 1
保护岸段	0.028 3	0.036 4	0.040 2	0.088 9	0.038 0	0.038 0	0.053 9
其他岸段	0.058 6	0.043 4	0.050 4	0.070 8	0.058 0	0.055 1	0.090 9

可以通过 GIS 技术的空间数据处理与分析功能来完成. 评价方法与 GIS 技术的结合主要体现在: 基于 GIS 数据处理功能进行单指标岸段分段; 基于 GIS 空间分析功能确定评价单元; 基于 GIS 数据模型的评价数据存储, 以及评价过程复杂计算的实现.

首先以 908 最新修测结果岸线为基准岸线, 参考有关资料和数据^[9], 确定指标体系中各项指标的取值, 通过 GIS 软件提供的数据处理功能, 对岸线进行分段, 并将指标取值作为各岸段的属性值进行存储, 形成单指标岸线.

ArcGIS 软件提供了 Identity 叠加分析功能, 它可以实现基于几何要素的空间叠加, 并将叠加要素的空间属性赋予参加下一级运算的输入要素^[10]. 在叠加分析的过程中, 岸线被不断地分割, 同时具有更多的评价指标属性, 最终形成具有所有评价指标属性值的评价单元.

构建评价数据存储模型用来支持评价过程中复杂计算过程. 评价数据通过 4 个数据表来存储, 分别是评价单元数据表、指标权重数据表、指标值评价数据表及模糊综合评价数据表. 评价数据存储的数据字典定义如下:

评价单元数据表(评价单元 Id, 指标 1, 指标 2, ..., 指标 n)

指标值评价数据表(指标值, v_1, v_2, v_3, v_4 , 基本功能)

模糊综合评价数据表(Id, 指标名称, v_1, v_2, v_3, v_4 , 基本功能)

指标权重数据表(Id, 指标 1, 指标 2, 指标 3, ..., 指标 n , 基本功能)

评价单元数据表存储了岸线的几何要素以及各评价指标的取值. 指标权重数据表存储了各指标在各项基本功能适宜性评价中的权值. 指标值评价数据表存储了指标值各评语集合的专家打分结果. 模糊综合评价数据表是用于模糊综合评价进行复杂计算时使用的一个容器. 以指标值作为关键字可以建立评价单元数据表与指标值评价数据表的关联. 通过链接查询填充模糊综合评价数据表进行模糊综合评价计算.

3 基本功能岸段评价与划分结果

辽宁省基本功能岸段划分结果见图 2, 各功能岸段的数量及占岸线长度比分别见图 3、4. 可以看出, 渔业岸段与旅游岸段的数量和长度都较

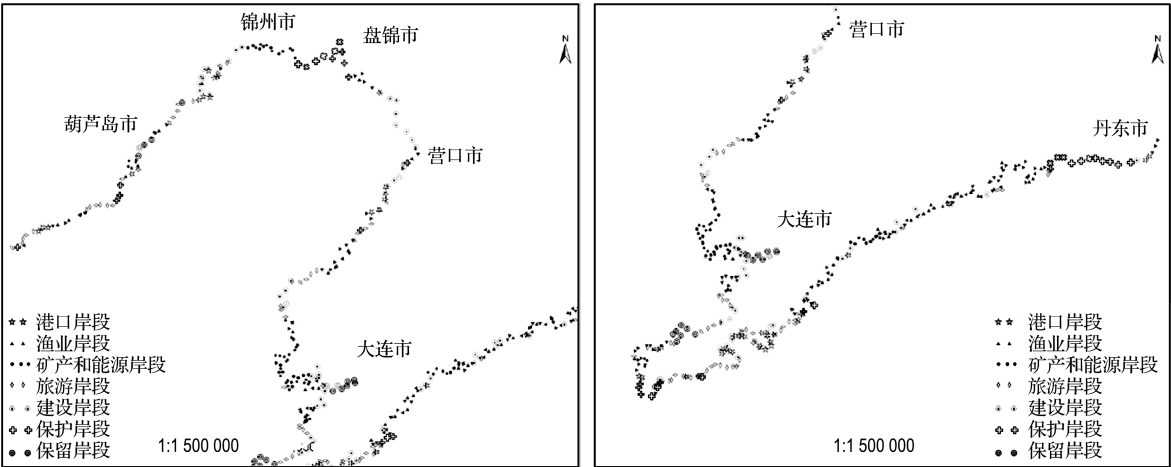


图2 辽宁省功能岸段评价结果图

Fig. 2 Evaluation results of function coastlines in Liaoning Province

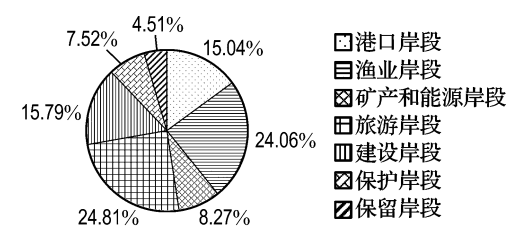


图3 辽宁省各基本功能岸段类型数量比例

Fig. 3 The number ratio of basic functions coastlines in Liaoning Province

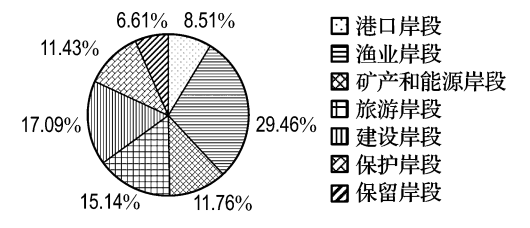


图4 辽宁省各基本功能岸段占总岸线长度比

Fig. 4 Length ratio of basic functions coastlines in Liaoning Province

多,表明了辽宁省海岸渔业与旅游业两类功能的开发利用潜力分布最广;其次为建设与港口岸段,反映辽宁省较为优越的港口岸线资源,同时也体现了辽宁省“五点一线”沿海经济带发展战略实施的坚实海岸资源基础;其他(保留)类岸段数量最少,其次为保护岸段,说明辽宁省总体来说功能不明确的岸段数较少.依据各基本功能岸段类型占岸线长度百分比的统计结果,渔业岸段不但数量多,占岸线的长度也最大,充分体现了第一海洋产

业的海洋渔业在辽宁省近岸海洋基本功能中的地位;其次占用岸线长度较多的为建设岸段与旅游岸段,表明在落实沿海经济带发展战略的同时,应多关注辽宁省海洋旅游业的开发利用;保护岸段虽然数量较少,但占用的岸线长度相对来说并不少,说明保护岸段的分布虽不广泛,但较为集中.保护岸段的集中分布使局部区域的海洋经济开发受到一定约束,从而给保护岸段的未来保护与管理带来压力,需采取严格有效的保护措施.资源条件较差、社会经济发展需求较为强烈的岸线,多被划分为建设、港口等岸段类型,用于满足辽宁省沿海经济带的发展.

4 结 语

本文建立的基于模糊综合评价的基本功能岸段划分方法,划分结果细致准确,能够明显地体现出各项指标的作用,避免了人为的主观臆断,达到了预期的评价目标,充分体现了模糊综合评价方法在处理多因素复杂问题方面的重要潜力.本文充分开发利用了 GIS 技术在基本功能岸段多源数据综合评价与划分方面的优势,实现了综合评价过程、基本功能岸段划分、成果输出与图件编绘的自动化,为全国其他沿海省(市)基本功能岸段划分、海岸保护与利用规划编制提供了一套方便、精确、可靠的技术方法.

参考文献：

[1] 马万栋,张渊智,施 平,等. 海岸带土地利用/土地覆被研究进展[J]. 地理科学进展, 2008, **27**(5):87-94

[2] 张灵杰. 美国海岸带综合管理及其对我国的借鉴意义[J]. 世界地理研究, 2001, **10**(2):42-48

[3] 杨荫凯,韩增林. 辽宁省沿海港址资源综合评价及其地域组合研究[J]. 地理研究, 2000, **19**(1):65-72

[4] 陈健飞,刘卫民. Fuzzy 综合评判在土地适宜性评价中的应用[J]. 资源科学, 1999, **21**(4):71-74

[5] 周文华,王如松. 基于熵权的北京城市生态系统健康模糊综合评价[J]. 生态学报, 2005, **25**(12):3244-

3251

[6] 方大春,刘国林,王 芳,等. 基于 GIS 的土地适宜性评价模型研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2004(1):35-36

[7] 李光天. 辽宁海岸分类及其开发意义[J]. 黄渤海海洋, 1990(3):21-28

[8] 刘贵利. 城乡结合部建设用地适宜性评价初探[J]. 地理研究, 2000, **19**(1):80-85

[9] 于永海,王延章,张永华. 围填海适宜性评估方法研究[J]. 海洋通报, 2011, **13**(1):36-42

[10] 韩富伟,苗丰民,赵建华,等. 3S 技术在海域使用动态监测中的应用[J]. 海洋环境科学, 2008, **27**(2):85-89

Research on division method
for basic function coastline based on fuzzy synthetic evaluation

YU Yong-hai^{* 1,2}, WANG Yan-zhang¹, SUO An-ning²,
KANG Min-jie², ZHANG Yong-hua², HAN Fu-wei²

(1. Faculty of Management and Economics, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;
2. National Marine Environment Monitoring Center, Dalian 116023, China)

Abstract: There are many relative factors in coastline basic function division, and these factors are often of complexity and diversity. Aiming at avoiding subjective judgement, coastline division for basic function was chosen in Liaoning Province as a case, and a synthetic evaluation on the coastline basic function was made based on types of coastline environment situation, coastline exploration, demand of coastline exploring in future economic development and other planning of marine resources exploration. Then, the method of fuzzy synthetic evaluation was employed to assess the basic function coastline. And geographic information system (GIS) technique was adopted to calculate, assess and output coastline basic function evaluation results. The results show that the evaluation method makes up a set of feasible supporting technologies for coastline basic function division from theories and technology methods.

Key words: basic function coastline; fuzzy synthetic evaluation; geographic information system (GIS) technique; coastline; Liaoning Province