

基于GIS的港口功能适宜性评价模型 构建研究*

黄沛¹, 丰爱平¹, 吴桑云¹, 郭亚成²

(1. 国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061; 2. 青岛理工大学 青岛 266033)

摘 要: 以GIS技术为支撑,以港口功能适宜性为评价目标,构建了以海岸自然条件和海岸社会经济条件为主要影响要素的,具有科学化、量化、自动化和可视化特征的港口功能适宜性评价模型,并以广西钦州湾海岸为例,对此模型进行了应用检验。此港口功能适宜性评价模型的构建理论和方法可为科学确定海岸的基本功能,建立以海岸基本功能管制为核心的管理机制提供技术支撑,模型评价结果可为海岸资源的开发与管理提供科学依据。

关键词: 港口功能; 适宜性; 评价模型; 空间分析

海岸资源是海洋资源的重要组成部分,也是海洋经济发展的主要载体。为了最大限度地提高海岸资源的利用价值,保护海洋生态环境,推动沿海地区社会、经济和环境的和谐发展,现在我国沿海各省已全面开展海岸保护与利用规划工作,其主旨是科学确定海岸的基本功能,建立以海岸基本功能管制为核心的管理机制^[1]。现阶段确定海岸基本功能主要采用定性判断和人工手动分区的方法,主观性较强,自动化程度不高,效率较低。为了提高海岸基本功能分区的科学化、量化和自动化水平,研究构建海岸基本功能的适宜性自动分区模型具有重要的现实意义。

港口功能作为海岸基本功能中重要的一类,对海洋经济的发展具有极大的推动和提升作用,开展港口功能适宜性评价模型的构建研究,可为海岸基本功能的适宜性自动分区模型构建提供研究基础。本研究首先建立了以海岸自然条件和海岸社会经济条件为主要影响要素的,由多个指标因子构成的港口功能适宜性评价指标体系,确定各指标因子的定量分级标准并采用层次分析法计算各指标因子的权重;然后基于GIS软件平台的空间数据处理工具和数值计算功能,采用多因素综合评价数学模型构建具有科学化、量化、自动化和可视化等特征的港口

功能适宜性评价模型。此研究成果不仅完善了海岸基本功能适宜性评价的理论体系,而且具有实际应用意义,为科学确定海岸的基本功能提供研究思路和技术支撑。

1 港口功能适宜性评价模型的构建理论

1.1 港口功能适宜性评价指标体系

根据港口的作用和特点,港口功能区宜选择在基岩埋层较深、掩护条件好、泥沙运动较弱、交通便利和腹地经济好等条件的地区^[2-3]。港口功能适宜性评价涉及的影响因素众多,主要包括海岸类型、水深、水文、气象、掩护条件、工程地质、水下障碍和冲淤状况等海岸自然条件,以及吞吐能力、区位条件、泊位、堆场面积、交通条件和腹地经济量等海岸社会经济条件^[4-6]。

依据影响因素间的层次关系,建立港口功能适宜性评价指标体系,其架构图如图1所示。港口功能适宜性评价指标体系分为目标层、准则层和指标层3层,其中目标层为港口功能适宜性评价综合指数;准则层为主要影响要素海岸自然条件和海岸社会经济条件;指标层为从属于准则层两个影响要素的多个指标因子。指标因子的选择应遵循以下原则:全面性、代表性和空间差异性。

* 基金项目:国家海洋局第一海洋研究所基本科研业务费专项(GY02-2008G48);海洋公益性行业专项:典型围填海综合评估体系与应用示范研究(200705015)。

1.3 评价指标权重确定方法

为确保评价指标权重的科学性和准确性, 本研究运用层次分析法结合专家打分法对各层指标相对上层指标的重要性进行两两比较、判断, 构建比较判断矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$, a_{ij} 一般取 1~9 定量化的标度值, 其意义为: 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。判断矩阵具有如下性质: $a_{ij} > 0$, $a_{ij} > 1/a_{ji}$, $a_{ii} = 1$ (i, j, Kn)。保持判断矩阵的一致性, 最后计算得出各个评价指标的权重值。

评价指标权重计算方法: 对判断矩阵 A , 计算满足 $AW = \lambda_{\max} W$ (λ_{\max} 为 A 的最大特征根, W 为对应与 λ_{\max} 的正规化特征向量, W 的分量 W_i 就是对应元素相对上层相应要素的权重值)。应用方根法求解归一化特征向量和特征值, 即首先计算判断矩阵每一行标度的成绩的 n 次方根

$\bar{W}_i = n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$, 将方根向量进行归一化处理, 得到特征向量 W 的第 i 个分量 $W_i = \bar{W}_i / \sum_{i=1}^n \bar{W}_i$,

最后计算判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n (AW)_i / (nW_i)$ 。利用各层指标间的相对权重关系, 可以计算指标层各评价指标相对目标层的权重值

$B_n = \sum_{j=1}^n a_j b'_j$ 。式中: B_n 为指标层权重; a_j 为准则层各要素相对于目标层的权重; b'_j 为指标层各因素相对于准则层的权重。

无论是计算各层指标间的相对权重值, 还是计算指标层相对于目标层的权重值, 都要检验判断矩阵的一致性, 具体方法参见相关介绍层次分析法的文献 [8] 和文献 [9], 在此不再赘述。

1.4 适宜性评价模型及评价等级

采用多因素综合评价模型评价各因子的综合适宜性, 港口功能适宜性评价模型如下: $S = \sum_{i=1}^n B_i W_i$ 。式中: S 为港口功能适宜性评价综合指数; B_i 为第 i 种评价指标的适宜性得分; W_i 为第 i 种评价指标的权重; n 为参加评价的指标数量。

为了与评价指标的适宜性等级相协调, 港口功能适宜性评价等级同样划分为最适宜、中等适宜、一般适宜和不适宜 4 级, 通过对港口功能适宜性评价综合指数 S 分类获得。

2 港口功能适宜性评价模型的构建方法

2.1 评价模型的构建平台选择

本研究主要是对海岸空间进行港口功能的适宜性评价, 选取的评价指标都具有空间分布特征, 如海岸类型、水深、靠泊能力和腹地经济量等。港口功能适宜性评价模型实际上是一系列对大量空间数据进行空间分析的运算过程, 因此港口功能适宜性评价模型的构建需要借助具备空间数据管理和空间分析功能的技术平台来实现。

GIS 是一种采集、管理、分析和显示海量地理信息的计算机系统, 在海洋领域已有广泛的应用。目前常用的 GIS 软件众多, 其中由美国 ESRI 公司开发的 ArcGIS 软件中的 ArcToolbox 工具箱, 不仅提供了大量可直接使用的空间数据处理工具, 并且可基于这些工具构建实用的空间地理数据处理模型, 模型构建简单, 执行容易, 可较好地满足本研究的需要, 因此本研究选择 ArcGIS 软件作为港口功能适宜性评价模型的构建平台。

2.2 评价模型的构建原理

构建港口功能适宜性评价模型的目标是根据各评价指标的空间分布信息及其权重值, 通过多因素综合评价数学模型的空间分析运算, 自动实现研究区内的港口功能适宜性分区。在 ArcGIS 软件平台的模型构建窗口中, 通过将 ArcToolbox 工具箱中多个空间数据处理工具集成, 为各工具赋予相应的输入输出数据及其他参数信息, 以实现港口功能适宜性评价的全过程。此模型运行时生成一个可视化的操作界面, 输入内容选择各评价指标的空间分布图层, 输出选择港口功能适宜性评价结果的保存路径等信息, 经过几分钟的自动运算, 即可实现研究区内的港口功能适宜性分区。

港口功能适宜性评价模型的核心是多因素综合评价数学模型的空间分析运算, 在 ArcGIS 软件平台中是由空间叠置分析工具来实现。空间叠置分析是对于同一地区、同一坐标系、同

一分辨率的2层或多层栅格图层叠置,将对应像元的属性值进行算术运算,本研究采用权重叠加运算。在港口功能适宜性评价中,为进行多因素空间叠置运算,必须将各评价指标的图层转换成具有相同分辨率的栅格数据结构。

2.3 评价模型的构建流程

在建立港口功能适宜性评价指标体系、确定评价指标定量分级标准和计算各评价指标权重值的基础上,基于GIS平台构建港口功能适宜性评价模型的流程图,如图2所示。

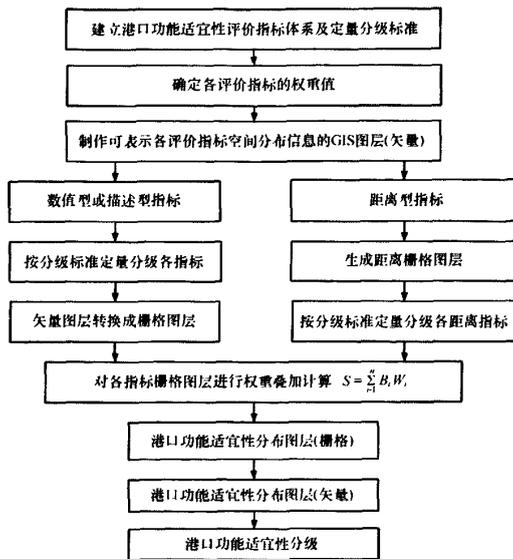


图2 港口功能适宜性评价模型构建流程

2.3.1 新建模型

在ArcGIS中基于ArcToolbox新建一个港口功能适宜性评价模型,设置公共的环境参数,如空间分析范围和栅格分辨率等。

2.3.2 评价指标的图层化

ArcGIS软件是基于图层对空间数据进行空间分析处理,因此应制作可表示各评价指标空间分布信息的GIS图层,主要为矢量图层。

2.3.3 评价指标图层的栅格化

对于数值型或描述型指标,如水深、海岸类型等,首先根据指标定量分级标准分类,然后以适宜性等级为字段转换成栅格图层;对于距离型指标,如临港工业区、道路等,首先生成距离栅格图层,然后再根据距离值进行指标

适宜性分级,距离越近,分值越高。各指标图层的栅格分辨率应保持同样的大小。

2.3.4 多因素空间叠置分析

对各评价指标的标准化栅格图层进行权重叠加运算,输入各栅格图层及各对应评价指标的权重值,输出栅格值为各像元的权重叠加运算结果,输出栅格图层范围是各栅格图层的重叠区域。

2.3.5 栅格图层转换成矢量图层

将多因素空间叠置分析输出的栅格图层转换成矢量图层,根据适宜性分值将港口功能分类,适宜性等级为最适宜、中等适宜、一般适宜和不适宜4级。

3 实例应用

3.1 研究区概况

钦州湾位于北部湾顶部,广西沿岸中段,由内湾茅尾海和外湾钦州湾所构成,中间狭窄,两端宽阔,东、西、北三面为陆地所环绕,南面与北部湾相通,是一个半封闭型天然海湾。该湾口门宽29 km,纵深39 km。全湾海岸线总长336 km,海湾面积为380 km²。钦州湾沿海岸线曲折,港汊水道纵横,潮流流速大,水文和地质条件良好,泥沙回淤少,水域宽阔,天然屏障良好,水深条件优良,天然港址较多^[10]。自亚公山至青菜头潮汐通道两侧沿岸和果子山至犀牛脚和三墩沿岸一带,水深为10~20 m,具有建设深水良港的自然条件。

钦州湾最重要的战略资源是港口资源,且《广西北部湾经济区发展规划》和钦州市“以港兴工,三化互动”的发展战略均以港口和临港工业为立足点,其中最具代表性的港口为钦州港,根据《广西沿海港口布局规划》,钦州港的功能定位是服务临港工业为主的地区性重要港口,是环北部湾经济圈重要港口之一,近期主要依托临港工业开发,形成以能源、原材料等大宗物资运输为主的规模化、集约化港区;远期发展以服务临港工业为主,兼顾为港口腹地利用国际国内2个市场、2种资源服务的多功能现代化港口。预测2010年钦州港的吞吐量达到3532万吨,2020年钦州港的吞吐量将达到

9 858万吨,基本上实现亿吨大港的发展目标。

3.2 评价模型的应用

本研究以广西钦州湾海岸为例,对此港口功能适宜性评价模型进行了应用检验,给出相应评价结果。首先根据钦州湾沿岸的自然条件和社会经济条件,考虑各评价指标数据的可获得性,舍去在钦州湾沿岸均值分布的因素,如气象、水文等方面的指标,建立了由2个影响要素14个指标因子构成的适宜性评价指标体系。采用评价指标定量分级标准对每一个评价指标进行量化并分级。本研究假定相对于港口功能适宜性而言,海岸自然条件和海岸社会经济条件具有同等的重要性,根据层次分析法,计算的各评价指标权重值如表2所示。

表2 钦州湾港口功能适宜性评价指标权重值

目标层	准则层	准则层权重	指标层	指标层权重
港口功能适宜性评价综合指数C	海岸自然条件 C ₁	0.5	海岸类型 C ₁₁	0.14
			水深 C ₁₂	0.14
			深槽条件 C ₁₃	0.08
			港口资源面积 C ₁₄	0.05
			可用建码头岸线长度 C ₁₅	0.04
			掩护条件 C ₁₆	0.03
			工程地质条件 C ₁₇	0.02
	海岸社会经济条件 C ₂	0.5	年吞吐能力 C ₂₁	0.12
			临港工业区 C ₂₂	0.10
			靠泊能力 C ₂₃	0.11
			腹地经济量 C ₂₄	0.08
			道路 C ₂₅	0.04
			铁路 C ₂₆	0.04
			腹地人口密度 C ₂₇	0.01

制作钦州湾沿岸表示各评价指标空间分布信息的GIS图层,结合评价指标的权重值,运行已构建的港口功能适宜性评价模型,得到港口功能适宜性等级分布。从评价结果可以看出,最适宜建设港口的区域主要集中在钦州港附近,中等适宜的区域分布在龙门港和犀牛角港附近,与钦州湾沿岸的自然条件、港口开发现状与开发需求基本一致,适宜性评价模型分区效果较好。

4 结论与讨论

本研究基于GIS平台构建了具有科学化、

量化、自动化和可视化特征的港口功能适宜性评价模型,考虑了评价指标的权重差异,集成了一系列空间数据处理工具,通过一个可视化界面选择模型输入输出数据,即可自动实现研究区内的港口功能适宜性分区。该模型易于构建,封装性好,运行方便,且运算速度快,效率高。另外,根据需要可方便地调整模型的评价指标及相应的权重值,扩充性好;还可直接拷贝此模型到其他已安装ArcGIS软件的计算机上使用,移植性好。

此港口功能适宜性评价模型的构建理论和方法同样适用于海岸地区的旅游、渔业、建设等功能的适宜性评价模型构建,可实现海岸多种功能的适宜性自动分区,为海岸基本功能的适宜性自动分区模型构建提供研究基础,为科学确定海岸的基本功能,建立以海岸基本功能管制为核心的管理机制提供研究思路和技术支撑,模型评价结果可为海岸资源的开发与管理提供科学依据。

参考文献

- [1] 国家海洋局.关于开展海岸保护与利用规划编制工作的通知(国海管字[2009]97号).2009.
- [2] 中交水运规划设计院,中交第一航务工程勘察设计院. JTJ211-99 海港总平面设计规范[S]. 中华人民共和国行业标准,1999.
- [3] 中交第一航务工程勘察设计院. JTJ213-98 海港水文规范[S]. 中华人民共和国行业标准,1999.
- [4] 国家质量技术监督局. GB/T 17108-2006 海洋功能区划技术导则[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [5] 洪承礼. 港口规划与布置[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
- [6] 严恺,梁其荀. 海港工程[M]. 北京:海洋出版社,1996.
- [7] 李纪宏,刘雪华,朱建州,等. 基于GIS的自然保护区功能分区的自动实现[J]. 环境科学与工程,2004(1):24-32.
- [8] 林绍花. 海洋功能区划适宜性评价模型研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2006.
- [9] 梁湘波. 海洋功能分区方法及其应用研究[D]. 天津:天津师范大学,2005.
- [10] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志第十二分册(广西海湾)[M]. 北京:海洋出版社,1993.