长江口中华鲟自然保护区信息管理系统的设计与实现

佟佳琦[1, 2], 郭立新[1, 2, 3], 高春霞[1, 2, 3, 4], 陈锦辉[5], 王学昉[1, 2, 3, 4]

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 中国远洋渔业数据中心, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 5. 长江口中华鲟自然保护区管理处, 上海 200092)

摘要: 为保护长江口中华鲟(*Acipenser sinensis*)的洄游通道, 养护水生生物资源的栖息环境, 基于2013~2016年的采样调查数据和地理信息数据和管理部门的日常业务工作流程, 采用Visual C#开发环境、ESRI ArcEngine开发组件、SQL Server数据库技术, 研发了长江口中华鲟自然保护区信息管理系统。本系统以电子海图的地理空间信息框架为基础, 实现在线登录、实时调取、更新数据库、输出保护区内生物种群数量及地理空间分布等的可视化信息、统计分析生物多样性指数, 绘制相关统计图等功能。应用实例表明: 该系统能够统计、分析、查询和显示生物种群数量及其地理空间分布信息, 提高保护区管理和规划工作的效率, 并为长江口中华鲟的科学研究提供参考依据。

关键词: 长江口; 中华鲟(*Acipenser sinensis*); 自然保护区; 信息管理
中图分类号: P735 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-3096(2018)07-0064-06
DOI: 10.11759//hykx20180119001

上海市长江口中华鲟(*Acipenser sinensis*)自然保护区(以下简称保护区)位于长江河口咸淡水交界处[1], 地理位置特殊, 饵料生物充足、珍稀野生动物资源种类众多, 具有丰富的生物多样性, 同时也是中华鲟江海洄游的唯一通道[2]。因此, 保护长江口的生物资源、保障长江口水域的生态环境, 并对自然保护区内已遭到破坏的自然环境做好修复工作成为保护区管理工作的重心[3]。近年来, 保护区内中华鲟及其他物种的资源现状仍十分严峻。随着保护区资源调查与环境监测工作的开展, 保护区积累了大量的数据[4], 所以开发一套面向保护区的管理信息系统来管理海量的、多项目的采样与监测数据, 为开展一切管理措施提供信息基础, 是一项极具意义的项目。

中国于20世纪90年代开始管理信息系统技术的研发。随着大数据和云计算的发展, 对数据的利用和数据的可视化成为新时代的研究方向。基于GIS的湖南省数字渔业信息系统[5]、山西省渔业资源信息管理系统的设计和应用[6]等都提供了数据库的支持, 取得了相应的研究效果。但相关系统的开发侧重于地理信息的展示和渔业资源信息的查询, 在本系统的开发将综合其他系统的优点并对具体的生物资源多样性指标进行统计, 更加科学地服务于科研工作和保护区日常的管理工作。

长江口中华鲟自然保护区信息管理系统(以下简称本系统)的开发, 首先基于GIS技术将生物学信息和地理信息相结合, 实现了信息的可视化; 其次, 通过对2013~2016年保护区调查数据的分析、整理, 建立相关数据库; 然后, 利用生物学统计模型对生物资源数据进行统计分析。旨在统一监管和规划保护区内的栖息地、资源、环境等信息, 为开展多学科的研究提供参考依据。

1 数据库结构与统计分析模型

1.1 数据来源

保护区管理处于每年3月、5月、8月、11月进行生物资源采样调查与环境监测。每次采样时间约为10~15 d。采样使用0.025 m^2的采泥器和网口宽度

收稿日期: 2018-01-19; 修回日期: 2018-04-13
基金项目: 国家自然科学基金项目(41506151); 上海市科委地方能力建设项目(18050502000)
[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41506151; Shanghai Science and Technology Local Capacity Building Projects, No.18050502000]
作者简介: 佟佳琦(1993-), 女, 内蒙古包头人, 硕士研究生, 主要从事渔业资源学研究, E-mail: vocal_tongjia@163.com; 陈锦辉, 通信作者, E-mail: 1114260882@qq.com

为 1.5 m 的阿氏拖网(Agassis trawl), 以 2 km/h 左右的速度航行 30 min 进行拖网调查。所采集数据包括: 采样信息数据、海洋资源数据、水化学数据、同步环境数据。采样信息数据包括: 站点经纬度、站号、采样时间等; 海洋资源数据包括: 采样获得的鱼类、两栖类、甲壳类、软体类的生物种名、资源总数量、平均(不完全)体长、平均体质量等; 水化学数据主要包括: 水质中各站点涨落潮的海水 pH 值、溶解氧、悬浮物、油类、硝酸盐类、铬、铅、铜、锌、汞、砷、镉等重金属含量; 同步环境数据包括: 叶绿素 a 浓度、水温、水深、盐度、气温、气压、风速、风向、湿度、天气等。

本次开发整理了 2013—2016 年的调查数据, 涉及调查站点 15 个, 共采集生物资源种类 85 种。

1.2 数据库结构设计

根据采样调查的数据结构, 创建关系型数据库。使用联合查找的方法来唯一确定一条信息, 避免大量重复性的编号工作。主要创建 7 个表: 用户信息表; 调查信息表; 水化学数据表; 同步环境数据表; 采样调查数据表; 生物学信息表; 分类学信息表。并创建若干字典表。E-R 图如图 1 所示。

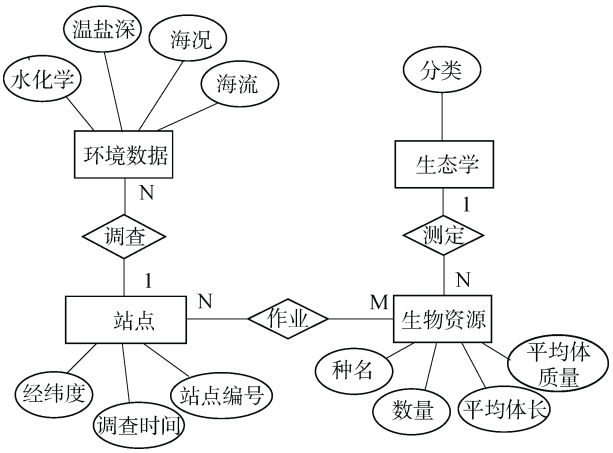


图 1 长江口中华鲟信息管理系统数据库 E-R 图

Fig. 1 Yangtze Estuarine Nature Reserve for Chinese sturgeon information management system database entity relationship diagram

1.3 统计分析模型

统计分析的内容主要包括: 生物资源丰度、生物资源量、以及 Margalef 种类丰度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数[7-11]等。它们是衡量和分析生物多样性的标准, 既是保护区生态系统可测定的生物学特征, 也是生物多样性在保护区物种水平上的表现形式。

生物资源丰度统计指数(Y): 即各调查站位渔获质量总和;

生物资源量统计(C): 即各调查站位生物资源量总和;

Margalef 种类丰度指数(D): $D=\frac{S-1}{\ln N}$;

Shannon-Wiener 多样性指数(H'): $H'=-\sum_{i=1}^{s}P_i\ln P_i$;

Pielou 均匀度指数(J'): $J'=\frac{H'}{\ln(S)}$;

式中, S 为种类数, N 为尾数, P_i 为 i 种鱼占总渔获重量的比例。

2 软件系统设计方案

2.1 工作空间设计

软件系统的设计使用工程化理念, 以上海崇明岛长江入海口的电子海图作为基础空间数据, 结合保护区的业务工作流程, 应用海洋资源调查采样和环境监测数据, 对应相关生物学统计分析模型, 设计开发方案(图 2)。

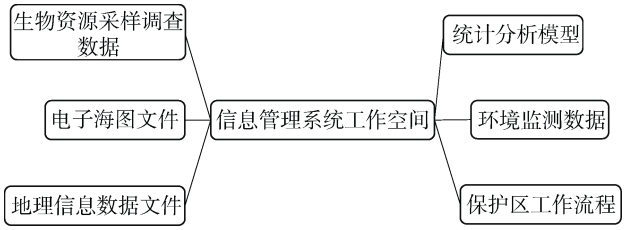


图 2 系统工作空间模型

Fig. 2 Working model of Yangtze Estuarine Nature Reserve for Chinese sturgeon information management system

2.2 系统功能设计

软件系统设计采用 C#语言和 ArcEngine 组件进行开发。为了便于保护区工作人员日常管理工作的开展, 共设计 7 个软件子模块(图 3):

(1) 用户登录模块。实现用户的注册和登录功能。在登录过程中, 创建 DataSet 对象并使用 SqlDataAdapter 对象完成 DataSet 和 SQL Server 的连接。SqlDataAdapter 读取数据库中的数据, 转入 DataSet 中, 同时获取 DataSet 中的更新, 提交回数据库。完成数据库读写操作和用户信息表的维护;

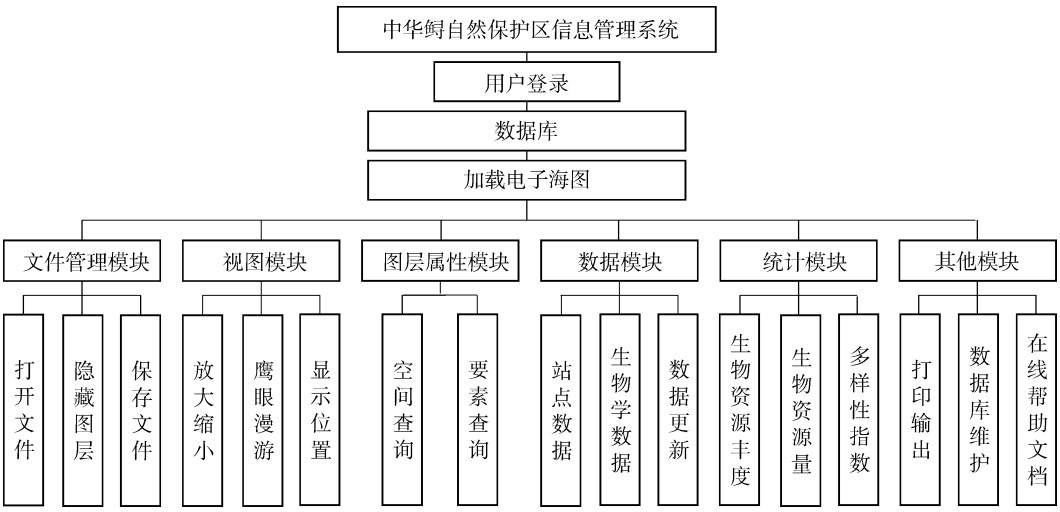


图 3　系统功能框架图

Fig. 3　Overall framework

(2) 文件管理模块。进行打开、加载、移除、隐藏、保存等文件级操作, 并定制用户当前视图;

(3) 视图模块。查看工作区间视图, 对视图进行放大、缩小、漫游、鹰眼等操作, 显示鼠标悬停处的精确坐标和比例尺;

(4) 图层属性模块。查询当前图层属性。将数据信息和工作空间相互关联。通过选择图层要素, 来显示要素包含的地理数据信息、环境数据信息、生物学数据、生态学信息。主要使用 FeatureLayer 对象和 IFeatureClass 对象的 Search 函数方法, 并通过 IQueryFilter 接口来设置查询的条件;

(5) 数据模块。将采样站点和生物学数据以图层的形式输出在工作空间上。可以按照时间维度筛选所要显示的图层。生物学图层包括: 鱼类、虾类、蟹类、贝类 4 种。同时, 设计数据更新功能, 使用 SqlDataAdapter 对象的 update 方法来添加新的调查数据, 实现采样数据的更新;

(6) 统计模块。分析用户选定时间范围内的数据, 生成相应统计分析图。统计模型包括: 生物资源丰度统计、生物资源量统计、Margalef 种类丰度指数统计、Shannon-Wiener 多样性指数统计和 Pielou 均匀度指数统计。使用 SQL 语句对所选模型进行计算, 计算结果存在临时表中, 同时打开 AnalysisChart_Load 统计图窗口, 调用 ZedGraph 开源软件包中的画图类, 制作不同类型统计图。例如, 选择生物资源量统计并输出柱状图, 则统计分析以 1 次采样调查为周期, 春、夏、秋、冬 4 季为横轴, 计算所得资源量为纵轴进行柱状图的绘制。若选择对 Margalef 种类丰度指数进行统计并输出折线图, 统计分析将以 1 次采样的时间字段为横轴, 计算所得种类丰度指数为纵轴, 进行折线图的绘制;

(7) 其他功能模块。实现打印输出当前工作区间、维护数据库和查看在线帮助文档等功能, 帮助用户更好的使用本系统。

3　应用示例

3.1　主界面

登录系统后, 可利用主界面菜单或工具栏按钮进行系统操作, 包括: 打开(工作空间)、图层属性、数据导入、统计分析和辅助功能。如图 4 所示, 主界面中左上角为图例窗口, 左下角为鹰眼功能窗口, 右面为主窗口。

通过功能按钮, 可以打开工作空间, 添加、删除、隐藏图层与文件, 保存和打印所选工作空间, 保存当前的工作空间为不同的图片格式, 进行视图的缩放, 视角移动, 全图显示, 鹰眼, 漫游和插入标记等功能。同时, 跟随鼠标的位置, 输出光标所处位置的比例尺和准确经纬度等功能。

3.2　站点信息的加载与查询

通过“数据导入”、“图层属性”、“参考信息”等功能来实现显示和查询资源调查的相关信息。

(1) 通过“数据导入”来选择输出“站点分布图”和“生物资源分布图”两种分布图。“生物资源分布图”中又包含了“鱼类”、“虾类”、“蟹类”、“贝类”4 种选项。同时可以进行数据的更新, 动态分析每一次调查的数据信息;

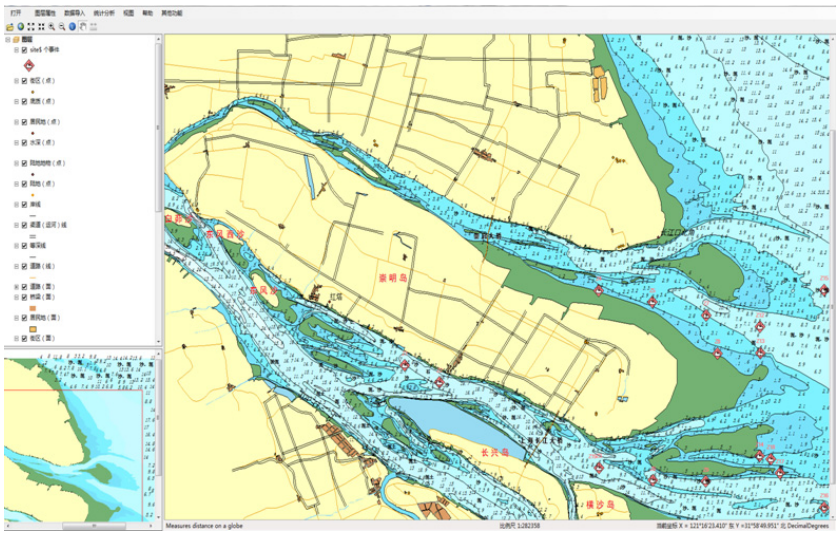


图 4　系统主界面
Fig. 4　Main interface

(2) 选择“图层属性”，查询主窗口中的要素信息，信息包括: 生物资源的生态学特征、相关环境数据、站点信息等。如图 5，导入 2013 年全年采样调查的鱼类分布图，并查询 12 号站点孔虾虎鱼的相关信息。通过查询窗口结合地理信息地图，可以直观地描述此次采样中孔虾虎鱼所处的地理位置、地形、水深等，同时显示这一站点的采样调查资源量。帮助管理人员了解资源分布和相关栖息环境，制定采样和管理策略;

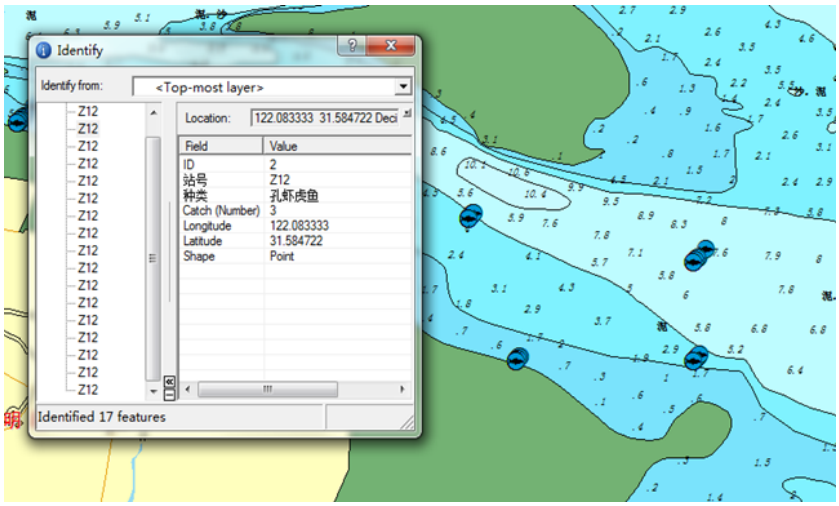


图 5　鱼种分布信息的查询
Fig. 5　Query fish distribution information

(3) 通过“参考信息”工具来查询工作区间中的生物资源生态学信息。如图 6，通过对指定物种的查询，输出对应生态学信息，辅助室内实验的开展，保护实验样本，提高工作效率。

3.3　生物资源信息的管理与统计

该功能可根据提供的统计分析模型，结合不同的统计分析需求，选择相应的统计指标来计算相应的统计值，并输统计图。

以生物资源量统计图和 Margalef 种类丰度指数统计图为例(图 7)。调用统计分析功能，选择输出 2013—2016 年内鱼类、虾类、蟹类、贝类 4 类生物资源量的统计图。以生物学意义上的季节变化为横坐标，资源数量为纵坐标，做出柱状图。该柱状图可以直观看出 2013—2016 年的生物种类的季节数量变化。再选择时间维度为 2013—2014 年，选择统

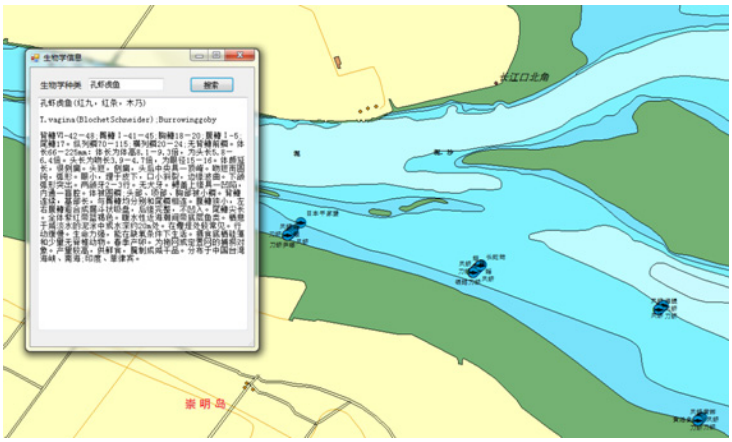
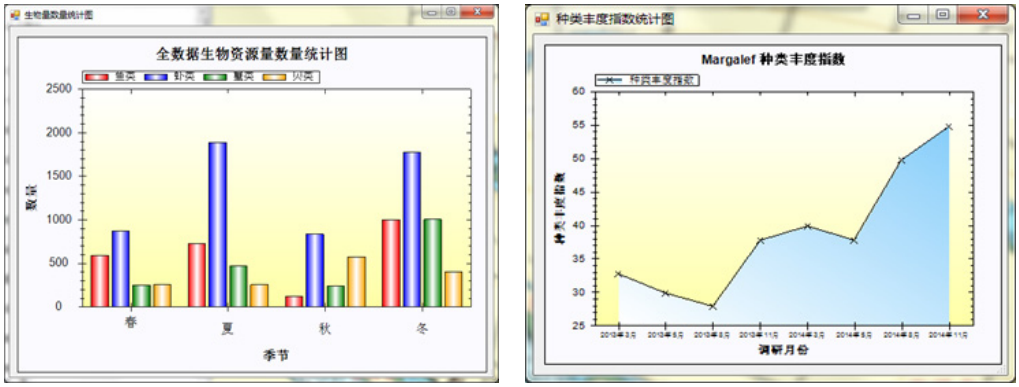


图 6　生态学信息查询

Fig. 6　Query biological information



a　　b

图 7　生物资源量统计图与 Margalef 种类丰度指数统计图

Fig. 7　Biological amount statistical chart and Margalef species richness statistical chart

a. 生物资源量统计图; b. Margalef 种类丰度指数统计图

a. Statistical diagram of biological resources. b. Statistical diagram of Margalef species richness index

计指数为 Margalef 种类丰度指数，做折线图。图形制作横坐标为所选调研时间维度: 2013 年 3 月、2013 年 5 月、2013 年 8 月、2013 年 11 月、2014 年 3 月、2014 年 5 月、2014 年 8 月和 2014 年 11 月，纵坐标为所计算出的种类丰度指数。通过折线图所描绘 2013—2014 年的该参数的变化趋势，进行相关讨论与分析。同理。还可以选择其他的指数、图形和时间维度进行统计分析。

4　结语

长江口中华鲟自然保护区信息管理系统是基于日常业务工作流程，集保护区空间地理信息管理、调查采样、数据库更新和生物多样性分析和统计为一体的应用系统平台。它以电子海图的地理空间信息框架为基础，实现在线登录、实时调取和更新数据库，输出保护区内生物种群数量及地理空间分布等的可视化信息，统计分析生物多样性指数，绘制相关统计图等功能。未来随着云计算、大数据等新技术的应用，充分挖掘保护区地理、资源和环境等多元数据，优化统计信息模型和可视化分析方法，将为长江口中华鲟的保护提供更加全面、更加科学的智能化、信息化支持。

参考文献:

[1] 张玉平, 孙振中, 林惠山, 等.长江河口区渔业水域水质分析与评价[J]. 水产科技情报, 2012, 39(5): 230- 233.
Zhang Yuping, Sun Zhenzhong, Lin Huishan, et al. Analysis and evaluation of water quality in the fishing waters of Yangtze River estuary[J]. Fisheries Science & Technology Information, 2012, 39(5): 230-233.

[2] 房敏, 蔡露, 王从锋, 等. 长江珍稀鱼类中华鲟物种特性及资源保护[J]. 生态学杂志 2014, 33(4): 1121-1127.
Fang Min, Cai Lu, Wang Congfeng, et al. Species characteristics and resource protection of Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, the rare fish in the Yang-

tze River: A review[J]. Chinese Journal of Ecology, 2014, 33(4): 1121-1127.
[3] 陈锦辉, 黄硕琳, 刘健, 等. 长江口中华鲟保护区地方性法规立法研究[J]. 水产学报, 2011, 35(4): 620-626.
Chen Jinhui, Huang Shuolin, Liu Jian, et al. Study on the local laws and regulations legislation on Shanghai Yangtze Estuarine nature reserve for Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*)[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(4): 620-626.
[4] 王春峰, 陈锦辉, 黄硕琳, 等. 长江口中华鲟保护区生态环境初步评价[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(5): 674-678.
Wang Chunfeng, Chen Jinhui, Huang Shuolin, et al. Preliminary evaluation of Yangtze Estuarine Nature Reserve for Chinese Sturgeon[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2010, 19(5): 674-678.
[5] 王冬武, 何志刚, 伍远安, 等. 基于 GIS 的湖南省数字渔业信息系统[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(7): 431- 435.
Wang Dongwu, He Zhigang, Wu Yuanan, et al. The digital fishery information system based on GIS in Hunan province[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2016, 44(7): 431-435.
[6] 王贤珍, 吕春双. 山西省渔业资源信息管理系统的设计与应用[J]. 水产学杂志, 2016, 29(3): 53-56.
Wang Xianzhen, Lü Chunshuang. Design and application of Shanxi province fishery resources information management system[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2016, 29(3): 53-56.
[7] 孔凡洲, 于仁成, 徐子钧, 等. 应用 Excel 软件计算生物多样性指数[J]. 海洋科学, 2012, 36(4): 57-62.
Kong Fanzhou, Yu Rencheng, Xu Zijun, et al. Application of excel in calculation of biodiversity indices[J]. Marine Sciences, 2012, 36(4): 57-62.
[8] 宋伦, 周遵春, 王年斌, 等. 辽东湾浮游动物多样性及其与海洋环境因子的关系[J]. 海洋科学, 2010, 34(3): 35-39.
Song Lun, Zhou Zunchun, Wang Nianbin, et al. Zooplankton diversity of Liaodong Bay and relationship with oceanic environmental factors[J]. Marine Sciences, 2010, 34(3): 35-39.
[9] Shannon C E, Weaver W. The mathematicaltheory of communication[M]. Illinois: University of Illinois Press, 1959.
[10] Robert E, Ulanowicz. Information theory in ecology[J]. Computers andChemistry, 2001, 25(4).
[11] Han Yaoquan, He Anyou, Huang Li, et al. Study on fishery ecological environment and fish species diversity in Yantan Water Area[J]. Asian Agricultural Research, 2015, 7(9): 81-86.

Design and implementation of Shanghai Yangtze Estuarine Nature Reserve for Chinese sturgeon information management system

TONG Jia-qi[1, 2], GUO Li-xin[1, 2, 3], GAO Chun-xia[1, 2, 3, 4], CHEN Jin-hui[5*], WANG Xue-fang[1, 2, 3, 4]

(1. College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Data Centre for Distant-Water Fisheries of China, Shanghai 201306, China; 3. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. The key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 5. Superintendence Department of Shanghai Yangtze Estuarine Nature Reserve for Chinese Sturgeon, Shanghai 200092, China)

Received: Jan. 19, 2018
Key words: Yangtze Estuary; Chinese sturgeon; nature reserve; information management

Abstract: To protect the migratory channel of the Chinese sturgeon in the Yangtze Estuary and maintain the aquatic living resources of the environmental habitat, we developed the Yangtze Estuarine Nature Reserve for the Chinese sturgeon information management system based on the survey data from the year 2013 to 2016, the geographical information data, and the management department daily workflow using Visual C# development environment, ESRI ArcEngine develop components, and SQL Server database technology. Based on the geospatial information of the electronic chart, this system implemented the online login, real-time fetch, and the update database; output the population and geographical space distribution in the protected area; performed statistical analysis of the biodiversity index; and printed the related statistical chart. The application showed that the system can carry out the statistics and analyze, query, and display the population of fishery resources and the geographical distribution information. These results could help enhancing the efficiency of management and planning work, providing a reference for the scientific research in this field.

(本文编辑: 谭雪静)