**青岛市科学技术奖提名公示内容-科技进步奖**

（2022年度）

**一、项目名称**

海洋环境要素时空数据组织与多维可视化关键技术

**二、推荐单位（专家）及推荐意见**

我单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合青岛市科学技术奖励委员会办公室的填写要求。

该课题依托于国家自然科学基金面上项目“基于本体论的海洋时空建模与可视化”、国家自然科学青年基金项目“面向过程的海洋环境数据服务构建方法研究”、山东省海洋与渔业厅“一张图”核心数据库项目等，针对大规模海洋环境时空要素数据的组织，进行了海洋时空过程本体语义分析，提出了分级描述框架的地理案例时空过程概念表达模型，并进行了海洋环境要素的动态可视化表达，先后研发了海洋与渔业“一张图”数据管理服务平台、全球海洋环境要素三维可视化平台、海洋溢油应急响应决策指挥平台、航道环境安全保障平台等一系列海洋专题应用服务平台，为马航MH370失联飞机搜救预报保障，十二五国家重要科技成果展等提供了重要支撑。目前研究成果已经在国家海洋局海洋预报中心、北海环境监测中心、北海预报中心、山东省海洋局等进行了长期实际业务化运行，为我国海上搜救、海洋环境保护、大洋渔业、航道安全等提供了重要服务保障，并取得了显著的经济效益和社会效益。

经第三方单位组织专家对该项目进行了科学技术成果评价，评价委员会一致认为该研究成果整体达到国际领先水平。

推荐该项目为2022年度青岛市科技进步奖 二 等奖。

**三、推荐等级**

青岛市科技进步二等奖

**四、项目简介**

随着海洋立体探测和数据同化技术方法的不断深入研究和快速发展，人类获取了全所未有的海洋环境大数据集合，由于海洋本身所存在的多维性、模糊性、时变性等特点，目前依然没有令人十分满意的时空数据组织模型，这使得大规模海洋数据的集成组织与共享存在不少的困难。同时，由于海洋现象及海洋问题的复杂性，海洋深层时变规律的分析和多维空间信息可视化也愈显重要，为此本项目从海洋环境空间特征提取与分析、海洋环境本体语义分析与多维数据组织、海洋时空特征表达与多维可视化等角度进行了相关深入研究。

1）海洋环境要素时空特征的提取与分析：基于临界点理论，分别采用基于滑动窗口的双线性插值法与基于Sperner完全标号法相结合的方法，进行了海洋流场拓扑特征点的提取与分析；面向海洋流场的拓扑结构分析的需求，提出了一种新的基于欧拉法描述的海洋流线积分自适应步长追踪模型，实现海洋流线的提取与追踪；同时针对海洋现象的时空变化过程，提出了分级描述框架的地理案例时空过程概念表达模型，并进行了海洋时空过程语义分析与特征提取。

2）大规模海洋多维时空数据组织与建模：针对多源、异构、动态、多维的海洋环境时空要素数据，提出了基于格网的时序快照修正模型（GSSADM）的组织框架。并在对海洋流场领域知识进行概念提取和特性分析的基础上，借助本体论思想，进行了海洋流场局部本体的语义分析，提出了海洋流场领域本体组织模型，并进行了海洋流场现象局部本体、海洋数据本体等的概念层级划分和本体关系定义；同时，在进行海洋流场空间语义、时间语义分析的基础上，提出了海洋流场时空过程本体结构，并进行了涡旋时空过程的形式化定义。

3）海洋环境要素多维时空可视化关键技术研究：面向海洋流场，基于LOD模型、LIC纹理映射算法、粒子系统等，实现了海洋流场多维可视化表达；面向海洋温盐场，采用纹理映射技术及剖分重组思想，实现了三维海洋温盐场可视化表达，并实现了等温水团、温盐跃层动态提取与表达；面向海洋风云场，采用多维切片和DEM相结合的方法，实现了台风等风云场三维动态可视化表达；面向海浪场，为模拟海洋流场浪的花效果，提出了SPH与移动立方体算法相融合的海浪建模及动态可视化表达方法，实现了微观尺度下海浪的破碎模拟及中小尺度下的海浪表面场仿真系统模拟。

4）海洋专题应用服务平台的研发：在大规模海洋时空数据组织模型和多维可视化关键技术研究的基础上，研发了海洋与渔业“一张图”数据管理服务平台、全球海洋环境要素三维可视化平台、海洋溢油应急响应决策指挥平台、航道环境安全保障平台等一系列海洋专题应用服务平台，并进行了实际业务运行，为马航MH370失联搜救、国家及地方相关海洋部门的日常工作提供了重要科技支撑。

本项目公开发表学术论文39篇，其中SCI、EI、核心论文占30%。另外，取得软件著作权12项，授权发明专利1项；培养研究生12人，并在各相关海洋单位进行了业务化应用与推广，极大提升了各单位的业务信息化服务水平，为我国海上搜救、海洋环境保护、大洋渔业、航道安全等提供了重要服务保障，并取得了显著的经济效益和巨大的社会效益。

**五、主要知识产权和标准规范等目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家  （地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号（标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 |
| 论文 | Analysis of Sea Ice Timing and Navigability along the Arctic Northeast Passage from 2000 to 2019 | 中国 | Journal of Marine Science  and Engineering | 2021.09 | https:// doi.org/10.3390/jmse9070728 | 山东科技大学 | Min Ji，Guochong Liu ，Yawen He | 有效 |
| 论文 | 面向拓扑分析的海洋流场临界点提取算法研究 | 中国 | 海洋学报 | 2021.05 | DOI:10.12284/hyxb2021067 | 山东科技大学 | 季民，任静，张立国，李婷，孙勇 | 有效 |
| 论文 | 自适应步长的海洋流线构造算法 | 中国 | 武汉大学学报信息科学版 | 2014.09 | DOI:10.13203/j.whugis202130034 | 山东科技大学 | 季民,陈丽,靳奉祥,李婷, 王春晓,孙勇 | 有效 |
| 论文 | 油指纹快速分析辅助鉴别及油品信息可视化管理系统 | 中国 | 海洋环境科学 | 2012.10 | DOI：CNKI:SUN:HYHJ.0.2012-05-023 | 国家海洋局北海环境监测中心 | 孙培艳，王鑫平，周 青，季 民 | 有效 |
| 论文 | 基于本体论的海洋流场语义分析与表达研究 | 中国 | 地球信息科学学报 | 2018.10 | DOI：10.12082/dqxxkx.2018.180287 | 山东科技大学 | 李婷，付雁，季民，孙勇，史青松 | 有效 |
| 论文 | 海洋流线积分自适应步长计算模型研究 | 中国 | 海洋学报 | 2018.03 | DOI：10.12082/dqxxkx.2018.180287 | 山东科技大学 | 李婷; 季民; 靳奉祥; 廖忠云; 孙勇 | 有效 |
| 论文 | Particle System-Based Multi-Hierarchy Dynamic Visualization of Ocean Current Data | 中国 | ISPRS International Journal of Geo-Information | 2021.12 | DOI:10.3390/ijgi10100667 | 山东科技大学 | Shi,Q.,Ai,B.\*,Wen,Y.,Feng,W | 有效 |
| 论文 | Multi-Scale Representation of Ocean Flow Fields Based on Feature Analysis | 中国 | ISPRS Int. J.Geo-Inf | 2020.09 | DOI：10.3390/ijgi9050307 | 山东科技大学 | Ai,B.;Sun,D.;Liu,Y.;Li, C | 有效 |
| 论文 | 基于云计算的海洋环境数据共享平台设计与实现 | 中国 | 武汉大学学报信息科学版 | 2016.01 | DOI：10.13203/j.whugis20140466 | 中国石油大学（华东） | 何亚文，魏海涛，杜云艳 | 有效 |
| 发明专利 | 三维虚拟地球软件中空间动态粒子模型建立与可视化方法 | 中国 | CN108830926B | 2019.10.11 | 证书号第3552685号 | 中国石油大学(华东) | 何亚文 | 有效 |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目贡献 |
| 季民 | 1 | 无 | 教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 作为项目主要负责人，负责项目总体统筹规划、方案制定、项目总结等工作，对创新点一、二、三均有突出贡献。 |
| 孙培艳 | 2 | 主任 | 研究员 | 国家海洋局北海环境监测中心 | 国家海洋局北海环境监测中心 | 对创新点二具有较为突出的贡献 |
| 李婷 | 3 | 无 | 讲师 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 对创新点一、二、三均具有突出贡献。 |
| 靳奉祥 | 4 | 无 | 教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 对创新点二、创新点三均有较大贡献 |
| 张立国 | 5 | 副院长 | 工程技术应用研究员 | 山东省国土测绘院 | 山东省国土测绘院 | 对创新点一具有较大贡献 |
| 艾波 | 6 | 系主任 | 教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 对创新点一具有一定贡献 |
| 何亚文 | 7 | 无 | 副教授 | 中国石油大学（华东） | 中国石油大学（华东） | 对创新点二具有实质贡献 |
| 王鑫平 | 8 | 无 | 研究员 | 国家海洋局北海环境监测中心 | 国家海洋局北海环境监测中心 | 对创新点二、三具有实质贡献 |
| 赵相伟 | 9 | 副主任 | 副教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 对创新点三具有实质贡献 |
| 宋鹏飞 | 10 | 部门经理 | 工程师 | 青岛鼎图空间信息技术有限公司 | 青岛鼎图空间信息技术有限公司 | 对创新点二具有实质贡献 |

注：“主要完成人情况”摘自“主要完成人情况表”中的部分内容，公示姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献。

**八、主要完成单位情况**

**1.山东科技大学**

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

（1）针对海洋流场中的特征点、流线和海洋现象的时空过程特征等进行了提取与分析，并提出了新的算法和模型，使特征抽取的更为全面、准确。

（2）提出了实用化的海洋GIS时空数据的组织模型，并设计了基于格网的时序快照修正模型和单点八向移面的矢量等值线格点内插算法，使海洋时空数据的组织过程更高效、详尽。

（3）通过海洋流场本体知识信息的获取、概念及相互关系的确定、本体结构的建立等步骤，提出并构建海洋流场整体本体组织结构，由概念、属性、关系共同组合而成。以海流现象局部本体构建为例，描述和定义了海流的概念、海流本体属性及语义关系等，在此基础上基于OWL语言进行了本体形式化构建。

（4）实现了小场景下的海陆地形、海面、水体的仿真模拟和可视化，并面向风暴潮预警报等业务需求，在海面高度场基础上叠加海浪仿真纹理和光照计算，实现了风暴潮淹没过程的动态可视化。

（5）研发了全球海洋环境要素三维可视化平台，并进行了实际业务运行，为马航MH370失事搜救、国家及地方相关海洋部门的日常工作提供了重要科技支撑。

（6）针对由丰富多样的采集手段所获取的海洋时空数据，在借鉴前人时空数据组织模型研究的基础上，结合对海洋数据格网特征的分析，提出了基于格网的时序快照修正模型（GSSADM），并针对GSSADM模型中修正快照的存储，提出了行式数据压缩编码方案。

（7）运用流场可视化关键技术，实现了基于箭头图标的流场映射表达、基于流线的流场映射表达、基于纹理的流场映射表达和基于粒子系统的流场映射表达，在实现过程中实现了数据多线程管理、LOD算法、内存管理等，最终形成了流场可视化系统，提高了源数据实时可视化的效率。

**2.国家海洋局北海环境监测中心**

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

（1）基于箭头、流线、纹理和粒子系统等多种方法，进行了海洋流场的三维映射表达，研发了全球海洋流场的三维可视化系统，实现了海洋流场数值模式预报结果的准实时表达。

（2）基于点符号、纹理、切片、表面建模等算法，进行了海洋风云场、海洋温盐场的多维可视化表达研究，并采用光滑粒子的流体动力学法与移动立方体算法相结合，实现了微观尺度下的海浪仿真模拟。

（3）实现了海洋基础地理数据、海上溢油风险区划数据、海上石油生产相关数据、海洋溢油敏感区区划数据、溢油归宿结果数据、海上溢油应急处置数据、溢油分析评价结果数据等多维海洋环境溢油监测数据的统一集成管理与可视化表达，可为海洋环境监测及海洋溢油风险规避措施的制定提供决策依据。

（4）实现了油指纹数据管理和鉴别软件系统的研发,开发的数据库用来存储基础地理信息、油样空间信息、油样基本信息、油样二维谱图数据、油样特征指纹数据等。指纹分析鉴别模块实现了油样谱图的准确积分、特征指纹指标计算、油样比对鉴别、油样分类鉴别、油样检索排查等功能，极大提高了溢油事故排查工作的效率,为海上溢油事故执法调查提供了重要的技术支撑。

**3.山东省国土测绘院**

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

1. 面向海洋环境信息可视化需求，参与了海洋环境信息三维可视化平台的功能开发，主要是流场可视化开发，并展开应用推广。
2. 面向海洋与渔业信息网络化服务需求，为解决多部门数据的整合、更新、管理、数据标准化等问题，进行了海洋渔业“一张图”数据管理服务平台研发，实现了数据检查、编辑与处理、格式转换、导入导出、更新、浏览、查询、统计、分析、服务发布等功能，为海洋渔业部门的多维数据资源整合与共享、业务管理、综合监管和辅助决策提供了数据支持。

**4.中国石油大学（华东）（论文）**

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

（1）提出了适于海洋环境要素的多维数据组织方案，按照时间维、深度维和坐标维等数据组织策略，将数据按照标准的命名方式进行了分层组织和数据服务发布。

（2）研发了北极航道安全保障系统，实现了大规模海洋环境数据的统一集成管理与航道安全服务信息的动态发布，为相关部门实施的海洋航海安全保障提供了重要技术支持。

（3）进行了中尺度海洋三维动态可视化系统研发，基于三维立体模型实现了海温场、流场的动态可视化表达，与全球海洋预报动态可视化系统相比，该系统在垂直方向上对海洋水体进行拉伸，能够更加全面地表达海洋现象在不同深度层次上的特征。

（4）创建了三维虚拟地球软件中空间动态粒子模型建立与可视化方法，包括获取网格数据参数；获取空间粒子在网格中的位置信息，并对其进行插值处理，实现粒子连续运动，构建向量场；在三维虚拟地球软件中空间动态粒子模型建立创建三维场景，通过交互式操作，驱动空间粒子模型建立创建粒子；根据设定的时间间隔，不断更新粒子状态与位置，实现空间向量场数据的动态展示。

（5）提出基于云计算的海洋环境数据共享体系,通过基础设施即服务、数据资源即服务及软件即服务实现海洋环境数据共享模式的转变。通过数据发布与发现、数据需求发布与发现等功能,解决数据共享中"用户-数据"之间的矛盾，并以南海海域为实验区,以表层漂流浮标数据及中尺度涡旋数据为实验数据,构建了原型系统验证该方法

**5.青岛鼎图空间信息技术有限公司**

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

（1）结合基于滑动窗口的双线性插值法与基于Sperner完全标号的最小值法，进行了海洋流场特征点的提取算法研究，为海洋流场拓扑特征分析提供了算法支撑。

（2）为了从多个角度展示海洋流场的动态变化特征，提出了基于欧拉法描述的海洋流线积分自适应步长追踪模型，为海洋流线追踪与分析提供了算法支撑。

（3）参与研发了海洋溢油应急响应决策指挥平台，为我国北海区大规模海洋环境监测数据的组织管理、溢油风险区划评价、溢油应急相应决策等业务化运行提供了重要技术支撑。