第 32 卷第 6 期 2020 年 12 月

2020, 32 (6): 22-31

Vol.32, No.6 Dec., 2020

海州湾紫菜养殖空间格局变化及其驱动力分析*

苏敬丽^{1,2}, 樊 伟¹, 王 斐^{1*}

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所,上海 200090; 2. 上海海洋大学海洋科学学院,上海 201306)

摘要:【目的】海州湾紫菜养殖作为连云港重要的农业产业,其养殖规模的动态监测和产业发展内在驱动力分析对紫菜产业的发展规划以及整片海域的生态环境评估意义重大。【方法】文章以 2004—2019 年海州湾冬春两季 Landsat 系列遥感影像为基础数据源,通过Google Earth Engine 的随机森林算法提取紫菜养殖区的时空动态变化状况和近岸人工开发信息,结合紫菜产业近期的统计资料和促进保障政策,进行了紫菜产业发展的空间格局变化以及驱动因子分析。【结果】结果表明:(1)在空间上,海州湾紫菜养殖区总体呈近岸向外海拓展变化趋势,由沿海岸线带状分布变成片状分布在整个海州湾;(2)时间上,2004 年紫菜养殖面积最少为 1551 hm²,约占江苏省紫菜养殖面积 1/13,2015—2019 年养殖规模迅速增长至 22 700 hm²,约占江苏省紫菜养殖面积的 1/2;(3)针对 15 年的紫菜养殖面积、价格、政策、海岸工程建设(龙桥)等数据实施量化并进行整体相关性分析。【结论】文章证实了价格与紫菜养殖面积之间存在极显著相关(相关系数 R=0.79,P<0.01),龙桥等基础设施建设与养殖面积也存在极强相关性(R=0.84,P<0.01),政策与养殖面积显著性不强(R=0.34,P>0.05),揭示了海州湾紫菜养殖产业空间分布格局由沿海向外海扩展的分布规律主要受紫菜受市场价格机制和海岸工程建设(龙桥)的影响。

关键词:海州湾;紫菜养殖区;空间分异;驱动因子;相关性分析

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20200603

0 引言

海州湾被誉为"国家级紫菜种植库"和"亚洲最大的紫菜育苗基地",条斑紫菜种植面积约占全国种植面积的 1/3,条斑紫菜是中国水产养殖业重要的出口水产品^[1]。紫菜养殖业是连云港海洋渔业经济的重要组成部分,在江苏省水产养殖中占有举足轻重的地位,同时也是连云港极力发展的特色水产养殖业。紫菜养殖信息遥感动态监测成为江苏省水产品资源空间监测和海域规划科学使用的热点问题。海州湾紫菜养殖主要分布在秦山岛南北两侧、东西连岛以及徐圩外海三大区域^[2]。近年来这些海域紫菜养殖规模增长迅速,养殖密度也较之前不断提高,外海养殖空间不断扩大,紫菜养殖带来的经济价值也逐

收稿日期: 2020-09-23

第一作者简介: 苏敬丽(1994—),硕士研究生。研究方向: 渔业资源。Email: 735931306@qq.com

[※] 通信作者简介: 王斐 (1987—), 博士、助理研究员。研究方向: 渔业遥感。Email: essiwf@163.com

^{*}基金项目:中国水产科学研究院院重点研究项目"海岸带重要渔业生物栖息地遥感监测关键技术研发与应用"(2018HY-ZD0103);上海市扬帆计划人才项目"牡蛎礁表面温度日变化无人机监测建模方法研究"(19YF1460000)

2020年12月-

年提高。因此研究海州湾紫菜养殖区的空间分异规律,进行紫菜养殖规模变化因子分析,对于促进海州湾紫菜养殖产业的健康可持续发展以及生态环境保护具有重要意义。

遥感影像具有覆盖范围广、重访周期短、经济效益高、可以获取大范围地面信息等 特点[3]。目前利用遥感技术对紫菜养殖区的监测上主要是提取养殖面积的年际变化,基 于不同的卫星载荷搭载传感器的时间、空间分辨率的特点、养殖区的信息提取方法由早 期的结合光谱特征的点像元处理算法,发展到面向对象的特征提取方法以及基于机器学 习的人工智能算法等[4-8],利用高分辨率的遥感影像并结合藻类不同生长期的光谱特征 及变化情况、国内外学者在藻类的遥感识别分类、动态监测、藻类的生物量评估、藻类 生物群落结构、藻类的生态修复等方面取得了很好的研究成果[9-13],以上研究多基于单 景影像或几景影像进行的研究、随着云计算技术的不断成熟、基于 Google Earth Engine (简称 GEE)的云计算技术在地理学^[14]、海洋学^[15]、水产捕捞学^[16]等科学研究中不断 出现新颖、高效的研究成果。欧阳晓利用 GEE 中多源遥感数据分析了 1990—2015 年城 市群城市用地扩张时空特征及景观生态效应,并构建人口、经济与城市用地协同发展指 数,据此分析城市用地扩张中"人一地"关系协同程度^[17]; Liu 等利用 GEE 中 Sentinel-2 多光谱等数据源,对机场附近飞机及其尾迹进行识别,从而评估全球航空运输状况,并 利用不同波段影像的偏移评估了 Sentinel-2 的成像间隔 [18]; Cao 等结合利用 GEE 中多源 遥感数据与作物模型, 快速高效地评估了低温冷害对大豆生产的影响[19]: Ruiz 等利用 GEE 中 GFW (Global Fishing Watch)数据对全球不同国家再不同海域的渔业捕捞强度进 行了分析^[20],利用 GEE 云计算技术,可以高效进行遥感数据的批量处理分析问题,获 取海州湾紫菜产业发展的时空变化情况的同时,也可以获取周边近海海岸工程的变化, 综合紫菜产业发展的相关统计资料、探索不同因子对产业的发展和布局的定量影响关系。 综合紫菜产业发展的相关统计资料,进而高效地利用多源遥感数据进行特定区域的空间 环境因素、人文等因素的时空变化情况分析。

1 研究区与研究数据

1.1 研究区概况

研究区位于连云港 119°10′E~119°40′E 和 34°30′N~35°10′N 之间的海州湾,海州湾位于江苏省东北端的黄海之滨,东以岚山头与连云港外的东西连岛的连线为界与黄海相通,岸线长 87 km,宽 42 km,海湾面积约 820 km²。海州湾属于温带季风气候,夏季高温多雨,光照充足,常年平均气温 14℃,平均降水量 920 mm 以上。优越的自然因素条件为海州湾筏式紫菜养殖提供了良好的生长环境,这也是海州湾紫菜大发展的客观原因。文章研究区主要包括海州湾内秦山岛、东西连岛和徐圩外海三大紫菜养殖区域。

1.2 数据源

遥感影像数据选取 2004—2019 年 GEE 中每年 12 月到次年 3 月份 Landsat 5 TM 数据和 Landsat 8 OLI 数据,这个时期是海州湾紫菜的生长时期,数据条带号 120,行编号 36,选取云量小于 10% 的影像,降低云层对分类精度的影响。

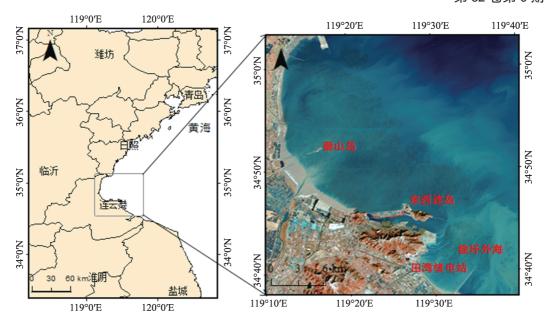


图 1 海州湾紫菜养殖区

Fig.1 Laver cultivation area in Haizhou Bay

海州湾紫菜产业相关的社会经济评价数据多源于农业部门的统计数据,例如紫菜生产价格指数来源《中国农产品价格调查年鉴》紫菜产业经济数据源自 2004—2019 年渔业统计年鉴,主要包括养殖面积、产量等信息。

2 研究方法

2.1 紫菜养殖区域的云提取方法

在可见光真彩色合成的 Landsat 系列影像上紫菜呈深黑色,分布成排而且形状像矩形比较规则,易于识别监测。该文主要采取 Google Earth Engine 中提供的基于随机森林分类方法(smileRandomForest)的分类器,利对选取的紫菜养殖区样本进行训练,得出综合形状、纹理、光谱特性及像元个数等特征的紫菜养殖分类器,然后对选取的海州湾区域进行紫菜养殖区及龙桥等海岸工程的时空信息进行提取。提取过程图 2 所示。

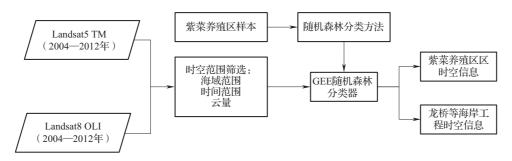


图 2 Landsat 影像中紫菜养殖区的 GEE 云提取过程

Fig.2 Process of the laver cultivation information extracted from Landsat data in the GEE

2020年12月-

2.2 驱动力指标选取及处理

紫菜产业的发展主要受经济、社会、人口、环境及政策等多方面因素的影响,结合研究区的实际情况,我们选取经济因素中的紫菜生产价格指标、社会因素中的龙桥长度指标以及政策因素中的促进产业发展的政策因素作为具体指标,通过相关性分析并结合主成分分析构建紫菜的驱动力指标体系(表1),相关方法已经得到较为成熟应用^[21-23]。

Table 1 Driving factors index system of the laver cultivation 因素层 因子层 指标层 经济因素 产业发展水平 第一产业占 GDP 比例 第一产业产值 紫菜价格 生产价格指数 社会因素 路网密度 路网密度 船舶登记数量 船舶登记数量 龙桥 龙桥长度 人口因素 人口 第一产业人数 人口 农村居民人均纯收入 政策因素 产业发展促进政策 出台的文件数量 环境因素 极端天气 天数

表 1 紫菜养殖业驱动力指标体系

紫菜的生产价格指数代表历年紫菜价格变动情况,所谓生产价格指数即衡量工业企业产品出厂价格变动趋势和变动程度的指数,是反应某一时期生产领域价格变动情况的重要经济指标,用历年紫菜的生产价格指数可以较好的反映紫菜的价格变动状况。该文将 2003 年生产价格指数视为基数 100。由于 2019 年生产价格指数缺失,因此不进行2019 年养殖面积相关性系数分析。

龙桥是指政府为了方便渔民出海作业建设的从陆地向海里延伸的长桥。龙桥的建设缩短了渔民出海路途消耗的时间,为渔民提供了休憩和生活补场所,充分延长了渔民在海上作业的时间,有利于提高工作效率并扩大海上作业范围。该文使用海州湾龙桥建设总长度代表龙桥这一影响因子。

政策支撑是海州湾紫菜空间格局变化的有力驱动因素,政策扶持是水产养殖业发展的强有力的保障。政府为了提高经济发展水平、加强海洋生态保护与修复提出相关的政策法规,对紫菜养殖空间分异起到重要导向作用。通过查阅政府相关网站收集到2004-2018年有关海州湾紫菜养殖的一系列相关政策,政策的主要内容包括要把紫菜作为连云港特色水产品,大力发展紫菜养殖和加工,巩固提高紫菜品种,建立紫菜交易市场和紫菜批发市场信息发布系统。加快建设紫菜深加工园区,营造紫菜品牌,建设藻类健康养殖区。创新条斑紫菜养殖保险条款,稳妥推进紫菜水产养殖互助保险。稳定紫菜近海养殖规模,积极拓展外海养殖空间,将水产养殖区域适度向浅海的较深水域拓展,增加渔业碳汇量,修复海洋生态环境,建设蓝色海湾等。由此可见政府十分重视紫菜养殖业,该文将政策进行量化,每年政府出台的文件个数即为该年政策得分(表2)。紫菜养殖面积与影响指标量化如表3所示。

第 32 卷第 6 期

表 2 紫菜养殖业政策发布时间和政策标题

Table 2 policies of the laver cultivation

年份	政策名称
2004	江苏省将全面实施"渔业品牌推进计划"、连云港市实施推进海洋渔业经济发展八项措施
2006	秋播及明年农业结构调整指导性意见的通知、《江苏省循环经济发展规划》
2007	《江苏省"十一五"农业和农村经济发展规划的通知》、2007年秋播及2008年农业结构调整指导性意见的通知
2009	《转变农业发展方式加快建设现代农业的意见》
2011	《关于实施农业现代化工程的意见》
2012	《关于进一步加快现代渔业发展的意见》
2013	《促进海洋渔业持续健康发展的若干意见》的实施意见、海州湾浅海海域百亿现代综合渔业园区规划
2015	《关于 2015年"一带一路"农业国际合作示范区工作方案的通知》
2016	《农业部关于加快推进渔业转方式调结构的指导意见》、关于加快推进开放型农业发展的意见
2017	《落实发展新理念推动农业保险迈上新台阶的指导意见》、《推进全市农业产业结构调整的指导意见》
2018	关于进一步加大对水产养殖保险扶持力度的建议、《连云港市养殖水域滩涂规划》

表 3 紫菜养殖面积与影响指标量化表

Table 3 Quantization indices between laver cultivation area and its affected factors

年份	面积 (hm²)	生产价格指数	政策得分	龙桥(km)
2004	1 551	95.6	2	0
2005	1 933	87.37	0	0
2006	2 639	90.27	2	0
2007	3 017	115.84	2	0
2008	4 000	121.63	0	0
2009	4 335	124.3	1	0
2010	4 760	125.5	0	10
2011	5 348	134.97	1	11.5
2012	5 321	144.82	1	18.5
2013	6 383	193.76	2	26
2014	7 232	216.66	0	29
2015	7 788	222.55	1	34
2016	10 371	228.8	2	39
2017	14 626	241.9	2	44
2018	23 400	231.83	2	44

3 结果与分析

3.1 海州湾紫菜养殖区空间分布变化

利用 2004—2019 年遥感影像采用面向对象分类算法提取海州湾紫菜养殖信息。图 3显示的是 2004 年、2010 年、2015 年、2018 年关键年份的养殖信息。2004—2018 年,从空间上看海州湾紫菜养殖主要分布在秦山岛南北两侧以及西连岛西北侧和东连岛东侧附近海域,分布规律也是由靠近海岸线的区域逐渐向外海延伸扩散。从紫菜养殖面积来看,海州湾紫菜养殖面积总趋势是呈增长趋势,由 2004 年的 1 551 hm²增加到 2018 年的 23 400 hm²,增长了十几倍,2010 年前养殖面积增加相对较少,2010 年后增长面积迅速扩大。2018 年海洲湾紫菜养殖业面积基本扩散到整个湾区。

2020年12月

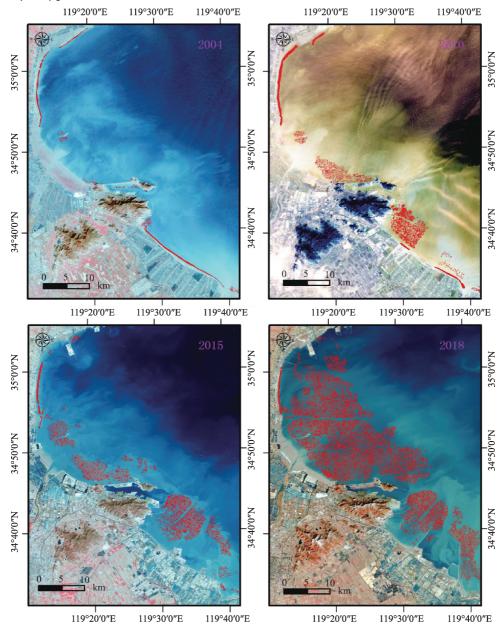


图 3 紫菜养殖区空间分布

Fig.3 Spatial distribution of laver cultivation area

将提取的紫菜面积信息进行统计,结合 2004—2019 年江苏省紫菜养殖面积(渔业统计年鉴获取)对海州湾紫菜养殖时空分异规律进一步分析,如图 4 所。海州湾紫菜养殖面积占江苏省总养殖面积的比重也在不断提高,2004 年海州湾紫菜养殖大约占江苏省总养殖的1/13,2018 年发展到 1/2 左右,养殖规模空前增长。从时间上看,2004 年海州湾紫菜养殖面积最小,主要分布在秦山岛、东西连岛周围海域,主要是近岸养殖,呈带状沿海岸线分布,秦山岛南北两侧以及西连岛西北侧零星分布。2004—2007 年紫菜养殖规模年际变化较小,秦山岛南北两侧海域分布着小部分的紫菜养殖区较 2004 年有所增加,西连岛西北方向

紫菜养殖规模小幅度增加,东连岛东侧周围海域紫菜养殖区沿着海岸线呈带状分布,岸线 以外分布的呈片状的紫菜养殖区较之前有明显增加。2004—2007年海州湾紫菜养殖面积占 江苏省总紫菜种养殖比例变化不大,占比增长至1/5 左右。但江苏省紫菜养殖面积在2008 年和 2009 年紫菜的养殖面积比 2004—2007 有所增加, 秦山岛南北两侧紫菜养殖规模有所 扩大, 西连岛西北侧小幅度增加, 养殖面积分别为 4 000 hm² 和 4 335 hm²。2007—2010 年 海州湾紫菜养殖面积增长 17.43 km²,增长速度缓慢,但 2007—2010 年江苏省渔业统计年 鉴紫菜养殖面积增长迅速,养殖面积由 137.28 km² 上升至 382.62 km²,每年平均约 80 km² 的速度在扩张。说明江苏省除海州湾之外的养殖区紫菜养殖面积在扩张,如盐城南通养殖 区。2010—2012年养殖规模变化不显著,但2013年相较于前几年紫菜养殖面积大幅度增 加面积为 6 383 hm², 秦山岛的紫菜养殖继续向南北扩张, 东西连岛周围新增大面积的紫 菜养殖,紫菜养殖有向深海发展的趋势。2014—2018年海州湾紫菜养殖面积年纪变化幅度 较大,养殖规模迅速扩大。由之前的带状分布变成片状分布,并且田湾核电站附近海域沿 着岸线发展的紫菜养殖区已经完全消失,养殖区继续向深海发展。从外围看紫菜养殖区完 全包围整个秦山岛。2017—2018年增加幅度最大,仅一年时间养殖规模就扩大8774 hm²。 2018年秦山岛的周边的紫菜养殖区向北和东南部迅速扩张与西连岛西北侧的紫菜养殖区相连 再加上徐圩新区整个海州湾几乎全被紫菜养殖区覆盖。从2016年开始海州湾紫菜养殖面积 占江苏省总养殖比例开始增长迅速,2016年占江苏省总养殖26%,2017年增至36%,2018 年上升50%。2019年海州湾紫菜养殖面积相比2018年面积稍微下降,这也与2019年江苏省 紫菜总养殖面积趋势一致。由此可见海州湾紫菜养殖业在江苏省水产养殖中地位不断上升。



图 4 2004—2019 年遥感提取的紫菜养殖面积和江苏省渔业统计面积 Fig.4 Relationship between the area of laver cultivation from the Landsat image and statistics in Jiangsu province from 2004 to 2019

3.2 驱动因素分析

将 2004—2018 年海州湾紫菜养殖面积与价格、政策和龙桥建设进行相关性分析(图 5)。结果表明: 15 年紫菜养殖面积与对应的价格、龙桥、政策等数值分布基本符合正态分布,有着比较好的代表性和可靠性。观察紫菜养殖面积与各影响因子相关性可视化结果,发现养殖面积与价格、龙桥长度存在极显著正相关(P=0),相关系系数分别为0.79、0.84,由此可见紫菜养殖面积和龙桥长度、价格呈现极强相关性,表明两者之间关系密切。而养殖面积与政策不显著性(P>0.05),相关系数为0.34,相关性弱。

2020年12月

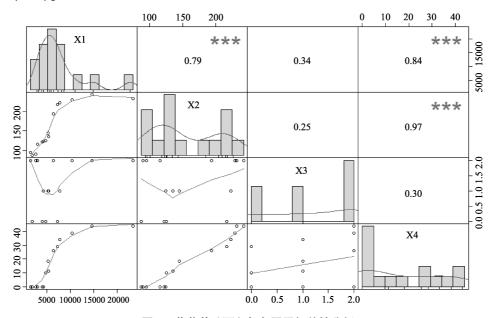


图 5 紫菜养殖面积与各因子相关性分析

Fig.5 Correlation analysis between the area of laver cultivation and different driving factors

注:图中对角线显示每个变量的分布,在对角线的左下方显示具有回归线的双变量散布图,对角线的上方显示相关系数以及显著性水平;显著性水平用P值表示("***"表示P=0);X1、X2、X3、X4分别代表紫菜养殖面积、生产价格指数、政策、龙桥

通过对紫菜生产价格指数、政策、龙桥各因子之间以及与养殖面积进行相关性分 析,得出结论养殖面积与价格之间呈现极强正相关性,相关系数为0.79,表明了紫菜养 殖面积受价格影响很大,渔民养殖目的是为了有利可图,当他们感受到紫菜价格行情不 错,他们就会纷纷扩大养殖规模。由此可见价格因素在紫菜养殖中始终发挥着作用。根 据结果可知政策与其他因子之间相关性以及显著性都不强,这可能是与政策的定量化存 在一定的关系。根据获取的已知政府文件政策不难看出连云港政府对紫菜十分重视,近 年来出台的水产品相关政策文件中都会涉及到紫菜养殖规模以及要不断向外海拓展的问 题。由此可见海州湾 16 年来紫菜养殖空间上分布格局从近岸向深海不断扩展,养殖规模 不断增加与响应国家政策号召密不可分。但从相关性分析中却得到相反的结果,这可能 与政策的量化方法存在一定关系,政策本身是文本性文件很难直观进行定量化分析,要 想真正反映政策对紫菜养殖的影响需要了解政府用于紫菜技术的研发、补贴渔民养殖紫 菜的经济扶持力度、以及开拓国内外紫菜市场投入的人力物力和财力等具体数据,也就是 政府为鼓励渔民养殖紫菜投入的财政支持等。但是由于数据获取不易而且很难找到详细的 有关紫菜方面政府的各项经济投入。鉴于数据源的问题,只能简单对政策文本数量进行定 量化。这样的评分标准可能会使相关性分析结果存在一定误差。这也是我在以后研究中需 要改进的地方。该研究中除了考虑政策、价格等因素,还考虑了海州湾沿岸工程建设(龙 桥)的影响,通过相关性分析发现龙桥与养殖面积之间存在极显著正相关,相关系数达到 0.84, 说明龙桥的建设对紫菜养殖业发展发挥着正向促进作用, 龙桥的建设给渔民出海提 供便利同时也延长了他们在海上作业的时间,使他们能够向更远的外海扩大养殖规模。自

从 2010 年龙桥建设以来,又成为影响紫菜养殖面积的又一重要因素。通过观察收集的数据 发现 2017—2018 年龙桥长度没有改变,紫菜价格没有提高,但紫菜养殖规模却大幅度增加 这说明了紫菜养殖面积与价格也是相互作用的,紫菜养殖规模增加,相应的紫菜的总产量 也会增加,导致市场上供大于求,紫菜价格降低,这也符合市场价值规律。

4 结论与讨论

海州湾紫菜养殖占江苏省藻类养殖中的比重近年来不断提高,通过统计分析 2004—2019 年紫菜整体养殖趋势是不断增加的。2004—2015 年紫菜规模缓慢增长,2015—2018 年紫菜养殖扩张强度增加,增长幅度逐年上升。2018—2019 年养殖整体面积稍微下降。由此可见海州湾紫菜养殖在江苏省紫菜养殖中地位越来越高,影响也越来越大。海州湾紫菜养殖空间分布格局由之前的带状分布在沿岸发展成为呈片状分布在整个海湾。这种空间分布格局的变异与政府出台的政策密不可分,近年来政府一直强调稳定近岸紫菜养殖面积,积极发展离岸化养殖和集约化养殖,拓展外海养殖空间。通过分析紫菜养殖面积与各影响因子之间的整体相关性,揭示了紫菜养殖离不开市场价格作用机制与海岸工程建设以及政府政策的扶持作用,受价格和龙桥等基础设施的影响较大。当然海州湾紫菜养殖空间分布格局除了受价格、政策、龙桥等因素影响外还会与自然条件、养殖技术、市场环境等因素有关,这些因素的定量影响都是今后值得研究的方向。

参考文献

- [1]朱孔文. 半浮动筏式条斑紫菜养殖大面积减产原因分析. 中国水产, 2007(9): 57-59.
- [2] 许海蓬 , 张彦彦 , 陈志远 , 等 . 近 10 年连云港海域紫菜养殖区遥感监测与分析 . 现代测绘 , 2019, 42(3): 10–14.
- [3] Jiang Ma. Accurate extraction of offshore raft aquaculture areas based on a 3D-CNN model. International Journal of Remote Sensing, 2020, 41(14).
- [4] 刘岳明, 杨晓梅, 王志华, 等. 基于深度学习 RCF 模型的三都澳筏式养殖区提取研究. 海洋学报, 2019, 41(4): 119-130.
- [5] 贺秋华, 邹娟, 余姝辰, 等. 基于高分二号数据的湖南省十大水库网箱围栏养殖分布遥感调查. 测绘通报, 2019(10): 8-11.
- [6] 谢奎,程家骅,毕朱,等. 江苏省养殖池塘与池塘养殖业地理分布格局研究. 中国农业资源与区划, 2020, 41(3): 178-188
- [7] 魏振宁, 邢前国, 郭瑞宏, 等. 基于遥感的 2000—2015 年南黄海紫菜养殖空间分布变化研究. 海洋技术学报, 2018, 37(4): 17-22.
- [8] 宋茜, 胡琼, 陆苗, 等. 农作物空间分布遥感制图发展方向探讨. 中国农业资源与区划, 2020, 41(6): 57-65.
- [9] 吴文斌, 余强毅, 杨鹏, 等. 农业土地资源遥感研究动态评述. 中国农业信息, 2019, 31(3): 1–12.
- [10] 万永清, 张奇志. 深度学习在藻类分类识别中的应用. 传感器世界, 2019, 25(1): 7-12.
- [11] 张东彦, 尹勋, 佘宝, 等. 多源卫星遥感数据监测巢湖蓝藻水华爆发研究. 红外与激光工程, 2019, 48(7): 303-314.
- [12] 薛梅, 陈芸芝, 田昕, 等. 三沙湾海上水产养殖面积遥感监测与评价. 海洋环境科学, 2019, 38(5): 730-735.
- [13] 张辉, 姜亚洲, 刘尊雷, 等. 湖北省水产养殖水体资源和产业地理分布格局. 中国农业资源与区划, 2019, 40(7): 181-187
- [14] Dong J, Xiao X, Menarguez M A, et al. Mapping paddy rice planting area in northeastern Asia with Landsat 8 images, phenology-based algorithm and Google Earth Engine. Remote sensing of environment, 2016, 185: 142-154.
- [15] Kumar L, Mutanga O. Google Earth Engine applications since inception: Usage, trends, and potential. *Remote Sensing*, 2018, 10(10): 1509.
- [16] Dureuil M, Boerder K, Burnett K A, et al. Elevated trawling inside protected areas undermines conservation outcomes in a global fishing hot spot. Science, 2018, 362(6421): 1403–1407.
- [17] 欧阳晓,朱翔.中国城市群城市用地扩张时空动态特征.地理学报,2020,75(3):571-588.

2020年12月

- [18] Liu Y, Xu B, Zhi W, et al. Space eye on flying aircraft: From Sentinel-2 MSI parallax to hybrid computing. Remote Sensing of Environment, 2020, 246: 111867.
- [19] Cao J, Zhang Z, Zhang L, et al. Damage evaluation of soybean chilling injury based on Google Earth Engine(GEE)and crop modelling. Journal of Geographical Sciences, 2020, 30(8): 1249–1265.
- [20] Ruiz J, Caballero I, Navarro G. Sensing the Same Fishing Fleet with AIS and VIIRS: A Seven-Year Assessment of Squid Jiggers in FAO Major Fishing Area 41. Remote Sensing, 2020, 12(1): 32.
- [21] 李新蕊. 主成分分析、因子分析、聚类分析的比较与应用. 山东教育学院学报, 2007(6): 23-26.
- [22] 佘梓航,徐嘉桦,姚志玉,等.基于皮尔逊相关系数的网购大数据分析——以天猫佰润居旗舰店交易记录为例. 韩山师范学院学报,2020,41(3):16-22.
- [23] 王文博, 陈秀芝. 多指标综合评价中主成分分析和因子分析方法的比较. 统计与信息论坛, 2006(5): 19-22.

Correlation analysis of spatial distribution change and driving factors of laver cultivation in Haizhou bay

Su Jingli^{1, 2}, Fan Wei¹, Wang Fei^{1*}

East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;
College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: [Purpose] Dynamic monitoring and internal driving factors analysis of laver cultivation is necessary for sustainable development and planning to this important agriculture variety in Haizhou bay. [Method] Dynamic monitoring of laver cultivation could be analyzed with the Landsat series remote sensing data in the winter and spring period during 2004—2019 based on the random forest classify method in Google Earth Engine (GEE). Internal driving factors analysis would be combined with not only traditional social and economic data but also the cultivation area dynamic change and coastal construction development data generated by remote sensing data. [Result] The result has shown that, spatial distribution of laver culture area in Haizhou bay is overall expanding from the nearshore to the open sea, and shaping from a strip distribution along the coastline to a flaky distribution in the whole Haizhou Bay. Laver culture area has increased from 1551 hectares in 2004 to 23, 400 hectares in 2018. And cultivation area of laver accounting for in Jiangsu Province has rapidly increased from 1/13 to 1/2 during 2004— 2018. laver cultivation area dynamic change, market price index, policy and coastal engineering construction (longqiao) in the past 15 years were quantified and overall correlation analyzed. [Conclusion] It is confirmed that there is a very significant correlation between the price and the cultivation area of laver (correlation coefficient R=0.79, P<0.01), and there is also a strong correlation between the construction of infrastructure such as Longqiao and the cultivation area (R=0.84, P<0.01). The policy and cultivation area are not significant (R=0.34, P>0.05). Spatial distribution of the laver cultivation in Haizhou bay is from the coastline to open sea which is mainly affected by the market price mechanism and coastal engineering construction (Longqiao). **Key words:** Haizhou bay; laver cultivation area; spatial differentiation; driving factors; correlation analysis