

基于VMS的东海拖网渔船空间离散程度及驱动因素研究

俞佳, 许永久(xuyongjiu@zjou.edu.cn)

浙江海洋大学水产学院

引言

传统的捕捞作业的分析往往关注于捕捞强度, 而忽略了努力量的变异系数(CV)。通过计算CV能够消除测量尺度和量纲的影响, 因而适用于测量单位不同或测量单位相同但集中量数相差较大的数据变异情况的比较, 对区域捕捞努力量求变异系数可以反映努力量的离散程度。短时间内高强度的捕捞活动容易击穿区域生态系统的自然恢复能力, 进而对海洋生态系统和水生生物多样性产生严重破坏。通过研究捕捞的空间离散程度, 可以更好地了解渔业资源的状况, 从而采取针对性的保护和管理措施。我们推测CV的强度与海洋表面温度(SST), 净初级生产力(NPP), 风力强度, 柴油价格以及拖网作业努力量本身等因素高度相关。

在这里, 我们以浙江象山籍渔船为例, 研究近几年东海海域的渔船捕捞努力量的CV变化, 进而分析海洋环境等众多因素对渔船捕捞努力量CV的影响, 试图寻找到一些拖网渔船作业CV与各项因素的因果关系。

假设

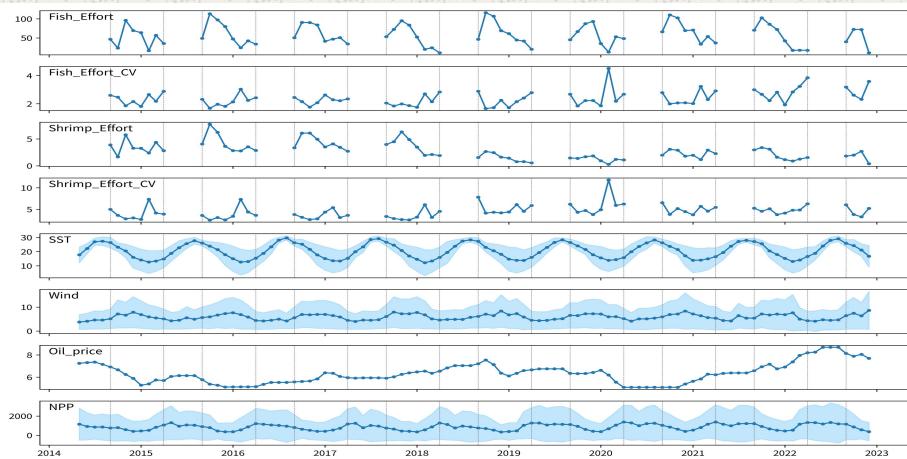
- 渔船作业的离散程度受到环境因素的影响, 同时也受到季节性因素的影响。
- 油价变动以及拖网努力量等人为因素同样会影响捕捞作业的离散程度。

目的

传统的研究方法往往采用静态的回归分析, 但各因素的交互作用可能会导致结果的失真和偏差。而经验动态模型能够捕捉到系统的非线性和动态特性, 同时考虑多个因素之间的相互作用。本研究旨在通过分析近年来浙江象山拖网渔船的分布变化, 代表性地确定影响东海拖网渔船捕捞努力量CV的因素, 增进对东海渔业可持续性的理解, 为渔业管理和保护提供决策支持。

数据方法

- 浙江象山籍虾拖网和鱼拖网渔船从2015年至2022年的船舶监测系统(VMS)数据, 数据涵盖了渔船位置、速度和航向。经过数据预处理和初步统计得到拖网渔船的捕捞时长及其空间位置。
- 2014年至2022年海洋表面温度(SST)数据, 风力强度数据, 浙江省柴油价格数据以及净初级生产力(NPP)数据。



- ❖ 变异系数(CV): $(\text{标准偏差SD} / \text{平均值Mean}) \times 100\%$
- ❖ 收敛交叉映射(CCM): 基于动态系统的时间序列数据, 通过比较不同变量之间的交叉映射关系来推断它们之间的因果关系, 估计这种影响关系的强度和方向并估计变量之间的时间延迟。
- ❖ Sugihara Map(S-Map): S-Map用于预测和重建各元素与渔船捕捞努力量分布的动态系统的演化, 以及研究系统中的非线性关系和时滞效应。

结果

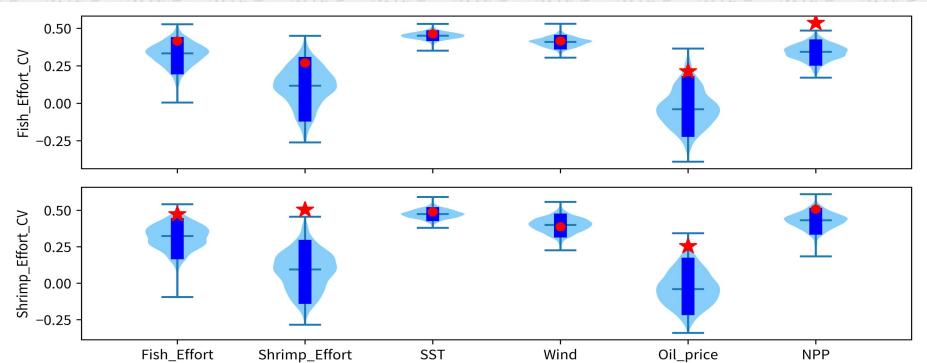


图1.基于CCM分析的多种因素与拖网船捕捞努力量CV的因果关系

注: 浅蓝色区域代表分布概率, 蓝色区域表示1000次CCM分析的95%置信区间, 横线自上到下分别为上限, 均值, 下限, 红点和红星代表实际观测值100次CCM分析的pmax的均值(红点表示不显著, 红星表示显著)

表1.CCM分析中相关因素与拖网船捕捞努力量CV的因果关系时滞(单位: 月)

	鱼拖努力量	虾拖努力量	SST	风力强度	柴油价格	NPP
鱼拖	0	0	0	-4	0	-2
虾拖	0	0	0	-3	-4	0

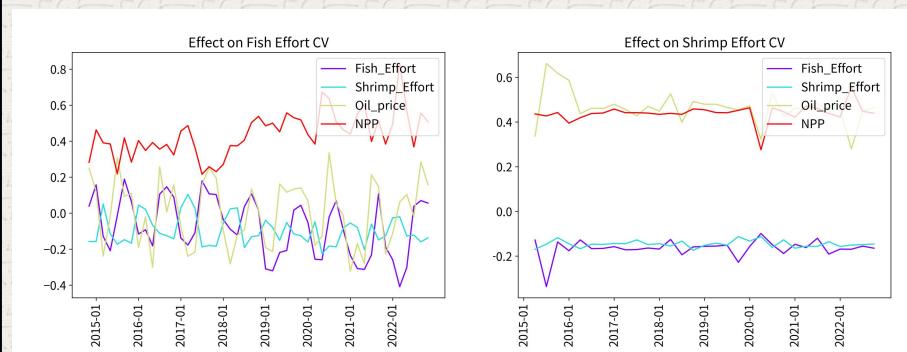


图2.基于S-map的拖网捕捞努力量CV受到相关因素的交互影响程度

注: 相关因素来自于CCM分析中的拖网捕捞努力量, 油价以及NPP

表2.S-map分析的非线性程度Theta和预测效果ρ

	Theta	ρ	RMSE
Effect on Fish Effort CV	1.5	0.4806	0.03
Effect on Shrimp Effort CV	0.01	0.4501	0.05

表3.各因素对拖网作业CV的交互影响程度

	Fish Effort	Shrimp Effort	Oil price	NPP
Fish CV	-0.0743	-0.0978	0.0063	0.4384
Shrimp CV	-0.1647	-0.1456	0.4644	0.44

讨论

NPP对于两类拖网作业的努力量CV均存在较强的影响, 但其与虾拖作业的努力量CV间并不存在显著的因果关系。即在现实环境的NPP变化范围内, NPP的波动对于鱼拖作业的集聚效果呈现出正向的影响。

油价因素与两类拖网作业均为显著的因果关系, 但其对鱼拖努力量CV的影响程度很低。所以油价是导致虾拖集聚作业的主要原因之一, 但不是鱼拖的主要影响因素, 我们猜测这一现象可能和虾拖的主要作业范围远小于鱼拖以及在作业过程中的非必要航行距离(两次捕捞作业间的航行距离)与必要航行距离(捕捞航行距离与港口到捕捞点之间的来回距离)的比例提高而造成成本收益比上升有关。

拖网努力量本身与虾拖作业努力量CV间存在显著的因果关系, 而与鱼拖努力量CV间的关系并不显著, 同时对于努力量CV的影响程度均不高且呈现负相关。即在目前水平, 随拖网作业强度增加, 拖网作业的离散程度越高。

本研究中鱼拖和虾拖的主要分布区域不同, 虾拖作业主要集中于近岸, 而鱼拖作业分布相对均匀, 可能会影响到分析结果, 故而后续研究中会将区域分割成多个小区域进行统计分析。另外, 捕捞努力量CV能够反映出捕捞努力量随时间变化的相对离散程度, 但无法确定离散范围和整体变化趋势, 在之后的研究将结合全局的趋势变化展开分析。