

文章编号: 1674-5566(2020)03-0392-09

DOI:10.12024/jso.20190602714

基于北斗船位数据灯光罩网渔船作业状态特征的提取和验证

谢恩阁^{1,2,3}, 吴洽儿^{1,2,3}, 周艳波^{1,3}, 张胜茂^{1,4}, 冯菲^{1,3}

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300; 2. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 3. 农业农村部外海渔业开发重点实验室, 广东 广州 510300; 4. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

摘要: 为研究一种使用北斗船位数据提取灯光罩网渔船的作业状态特征的方法, 选取桂北渔 36288、61999、62666 和 68209 四艘灯光罩网渔船 2017 年的北斗船位数据, 使用阈值综合判别的方法判断渔船作业的状态, 通过航速、水深和时间区间的阈值判别渔船作业状态的船位点, 利用船位分析软件 (AST) 提取渔船的作业天数、作业日期、作业时长以及对应的作业位置信息, 并与实际填写的渔捞日志数据进行对比验证。结果显示: 提取的结果和实际记录的结果误差较小, 其中作业天数每月差值在 0~3 d 以内; 对应的作业日期准确率在 94.45% 以上; 作业时长每日最大误差不超过 2.4 h, 最小误差为 0 h, 总平均误差为 1.49 h, 且提取的作业时长和渔获率存在明显的显著性差异, 相关系数 $r=0.512$ ($P<0.01$); 作业距离差值较小, 总体在 50 km 以内。因此可以确定, 本研究根据北斗船位数据提取灯光罩网渔船作业状态特征的方法可靠, 具有较大的实用性和现实性意义。

关键词: 北斗船位数据; 灯光罩网渔船; 航速; 位置; 作业状态

中图分类号: S 972.7 **文献标志码:** A

北斗船位数据主要是依靠船舶监控系统 (vessel monitoring system, VMS) 记录渔船在海上的时间、位置、航速、航向等信息, 具有数据量大、精度高等特点, 通过对船位数据的分析不仅可以精准地监测我国渔船状态 (找鱼、捕捞、停泊、航行), 同时也可以对渔船捕捞的潜在行为及渔场进行分析^[1]。由于拖网、围网渔船作业特点相对比较简单, 航速、航向变化明显, 因此目前国内外已有的研究主要以拖网、围网为主, 主要集中在船位数据对拖网和围网渔船的作业状态^[2-3]、航行轨迹^[4-5]、捕捞努力量的估算^[6-8]以及捕捞行为和渔场分析^[9-11]等方面, 但对灯光罩网船位数据的分析研究还未见报道。灯光罩网作为我国特有的一种作业类型, 主要捕捞趋光性经济鱼类, 在我国外海捕捞业中占有非常重要的地位^[12], 由于其作业特点相对比较复杂, 主要为夜晚停船开

灯诱集鱼群, 航速变化较小, 并且对作业水深有较高要求, 所以以往的研究方法并不适用于灯光罩网渔船船位数据的研究^[13]。为此, 本文根据灯光罩网渔船的作业特点, 制定其特有的提取方法, 利用北斗船位数据对灯光罩网渔船的作业特征进行提取, 将北斗船位数据提取的作业特征和渔捞日志记录的结果进行对比验证, 具有一定的创新性和现实意义。此外, 本文根据北斗船位数据提取灯光罩网渔船捕捞努力量和作业位置, 可以更好地监测我国灯光罩网渔船的生产情况和预测渔场位置, 为我国渔业管理和资源评估提供新的有效手段。

1 材料与方法

1.1 数据来源

渔捞日志数据来源于广西北海市水产技术推

收稿日期: 2019-06-27 修回日期: 2019-10-27

基金项目: 2019 省级促进经济发展专项资金项目 (粤农 2019A3); 农业农村部外海渔业开发重点实验室开放基金项目 (LOF 2018-05); 南海灯光诱捕渔业信息服务集成技术研究课题 (2019CY04); 广东省渔业数据采集与分析系统建设及运维项目 (GPCGDPC171198FG149F)

作者简介: 谢恩阁 (1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源。E-mail: 228638492@qq.com

通信作者: 吴洽儿, E-mail: wq66@163.com

广站,共有9艘灯光罩网渔船2017年渔捞日志数据,选取其中4艘已搭载北斗船位系统、数据量较大,且信息较全的渔捞日志作为本研究数据,其船名分别为:桂北渔36288、桂北渔61999、桂北渔62666和桂北渔68209,数据包括船名、船主、主机功率、作业日期、作业时间、作业经纬度位置以及渔获量等信息。

北斗船位数据来源于北斗民用分理服务商数据库,选取桂北渔36288、61999、62666和68209四艘灯光罩网渔船2017年北斗船位数据。数据字段包括渔船的北斗卡号、经纬度位置、航速、航向和发送时间等信息,其时间分辨率为3 min,空间分辨率为10 m。

南海海域的水深(Depth)数据来源于<https://oceansci.gsfc.nasa.gov/>网站中Etopo1地形下载界面的海洋水深数据,空间分辨率为 $1/60^\circ \times 1/60^\circ$ 。

1.2 研究方法

根据公式(1)灯光罩网渔船的作业状态判定条件,运用船位分析软件(AST)对船位数据进行预处理。

$$P = F(t, v, \text{Depth}) \quad (1)$$

式中: t 代表灯光罩网渔船的作业时间, $18:00 \leq t \leq 6:00$ 表示灯光罩网从当天晚上18:00开始到次日凌晨6:00之间作业^[13]; v 代表灯光罩网渔船作业航速, $0 \leq v \leq 2.5 \text{ kn}$ ^[14];Depth代表灯光罩网渔船的作业水深, $\text{Depth} \geq 200 \text{ m}$ 。

灯光罩网渔船一个晚上可以作业多个网次,而每个网次的持续时间由多个离散的船位点组成。有时每个网次的作业渔场会发生变更,渔船在寻找渔场的过程中处于航行状态,航速较高,到达渔场后再次停船作业,航速降低,因此通过航速的波动变化判断捕捞网次。但在渔场未变更的情况下,每个网次的航速、水深等条件变化较小,因此暂可忽略每个网次之间的时间差,计为1个捕捞网次。因此,一个晚上累计作业时长用式(2)计算。

$$z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m [p_{(j,i)} - p_{(j,i-1)}] \quad (2)$$

式中: z 是一艘灯光罩网渔船在一个晚上的作业累计时间, $p_{(j,i)} - p_{(j,i-1)}$ 是某渔船在一个网次内相邻的两个船位点的时间, i 指的是一个网次内第*i*个捕捞作业点, m 表示一个网次内作业点的数目; j 指的是一个晚上的第*j*个捕捞网次, n 表

示一个晚上捕捞网次的数目。

灯光罩网渔船停船作业,作业位置随着海流移动,一个晚上的作业位置同样也是由多个离散的船位点组成,因此一个晚上的作业位置用式(3)计算。

$$X = \frac{\sum_{l=1}^k X_l}{k}, Y = \frac{\sum_{l=1}^k Y_l}{k} \quad (3)$$

式中: X 是一艘灯光罩网渔船在一个晚上的作业经度重心, X_l 是某渔船在第*l*个捕捞作业点的经度; Y 是一艘灯光罩网渔船在一个晚上的作业纬度重心, Y_l 是某渔船在第*l*个捕捞作业点的纬度; k 指的是一艘渔船一个晚上的作业点的数目。

根据以上计算公式,将提取的灯光罩网渔船作业特征和渔民实际填写的渔捞日志数据进行比对验证。其中:作业天数采用Excel 2010软件,将提取的天数和实际记录的天数进行差值计算,并且对每个月提取的作业日期和实际记录的作业日期进行比对,计算其准确率;作业时长根据SPSS 20.0中数理统计方法,将提取的作业时长和实际记录的作业时长进行误差分析,并且将提取的作业时长和实际记录的作业时长分别和渔获量进行显著性差异分析,来进一步验证提取结果的精确性;作业位置通过ArcGIS 10.3中的点距离法计算提取的作业位置 and 实际记录的作业位置的空间距离差值,分析其地理精度。

2 结果与分析

2.1 作业天数的提取和验证

根据AST软件提取这4艘灯光罩网渔船的作业天数和对应的作业日期,如表1所示,这4艘渔船的作业月份主要分布在2—7月,其中:桂北渔36288作业月份集中在2—5月,作业天数分别为12、30、15、25 d;桂北渔61999作业月份在2—5月,作业天数为18、31、16、28 d;桂北渔62666作业月份在2—7月,作业天数为21、25、21、29、9、27 d;桂北渔68209作业月份在2~6月,作业天数为9、3、15、31、7 d。

为了检验提取结果的准确性,本研究将根据北斗船位数据提取的作业天数和渔民实际记录的作业天数进行对比验证。结果显示,提取的作业天数比实际作业天数普遍要多,每个月的差值在0~3 d。为了进一步验证提取结果的精确性,本研究将提取的作业日期与实际作业日期进行

比对,发现提取的作业日期和实际填写的日期极其吻合,总平均准确率为 94.45%,见表 1。

表 1 基于北斗船位数据提取的作业天数和实际记录的作业天数对比验证

Tab.1 Comparison of the number of operating days extracted based on the data of the Beidou position data and the actual number of operating days recorded

船名 Vessels name	月份 Month	提取值 Extracted value/d	记录值 Recorded value/d	差值 Difference/d	日期相同 Same date/d	准确率 Accuracy rate/%
桂北渔 36288 Guibei Fishing 36288	2	12	10	2	10	0.833
	3	30	27	3	27	0.900
	4	15	14	1	14	0.933
	5	25	25	0	25	1.000
桂北渔 61999 Guibei Fishing 61999	2	16	13	3	13	0.812
	3	31	31	0	31	1.000
	4	18	18	0	18	1.000
桂北渔 62666 Guibei Fishing 62666	5	28	29	1	28	0.966
	2	21	19	2	19	0.905
	3	25	24	1	24	0.960
	4	21	20	1	20	0.952
	5	29	28	1	28	0.966
桂北渔 68209 Guibei Fishing 68209	6	9	9	0	9	1.000
	7	27	27	0	25	0.926
	2	9	8	1	8	0.889
	3	3	3	0	3	1.000
	4	15	15	0	15	1.000
	5	31	28	3	28	0.903
	6	7	7	0	7	1.000

2.2 作业时长的提取和验证

根据 AST 软件提取灯光罩网渔船每天的作业时长,结果显示,灯光罩网渔船每天作业时长在 3~12 h 之间不等,其中:作业时长在 11~12 h 之间的天数最多,占总体的 70% 以上;其次是 10~11 h,占总体的 20% 左右。见图 1。

由于北斗船位数据点比较多,作业时长提取相对比较复杂,为了验证提取作业时长的精确性,将提取的作业时长与实际记录中相同作业日期的作业时长进行对比分析,判断二者的误差。结果表明,4 艘渔船提取的作业时长与实际记录的作业时长存在一定的误差,最大误差不超过 2.4 h,最小误差为 0 h,总体平均误差为 1.49 h,见表 2。

由于作业时长作为捕捞努力量的一个重要参数,与渔获量之间具有一定的相关性,因此本文根据提取的作业时长和渔捞日志记录的作业时长分别和渔获量进行相关性分析,结果显示:

提取的作业时长与渔获量之间,呈显著性相关,相关系数 $r=0.512$ ($P<0.01$,图 2);记录的作业时长与渔获量之间相关关系极不显著,相关系数 $r=0.092$ ($P=0.085$,图 3)。

表 2 北斗提取作业时长与实际记录作业时长的误差分析

Tab.2 Error analysis of the length of the Beidou extraction operation and the actual recorded operation time

船名 Vessels name	最大误差 The maximum error value/h	最小误差 The minimum error value/h	平均误差 The average error value/h
桂北渔 36288 Guibei Fishing 36288	2.4	0.12	1.66
桂北渔 61999 Guibei Fishing 61999	2.16	0.37	1.55
桂北渔 62666 Guibei Fishing 62666	1.95	0	1.43
桂北渔 68209 Guibei Fishing 68209	2.31	0.03	1.33

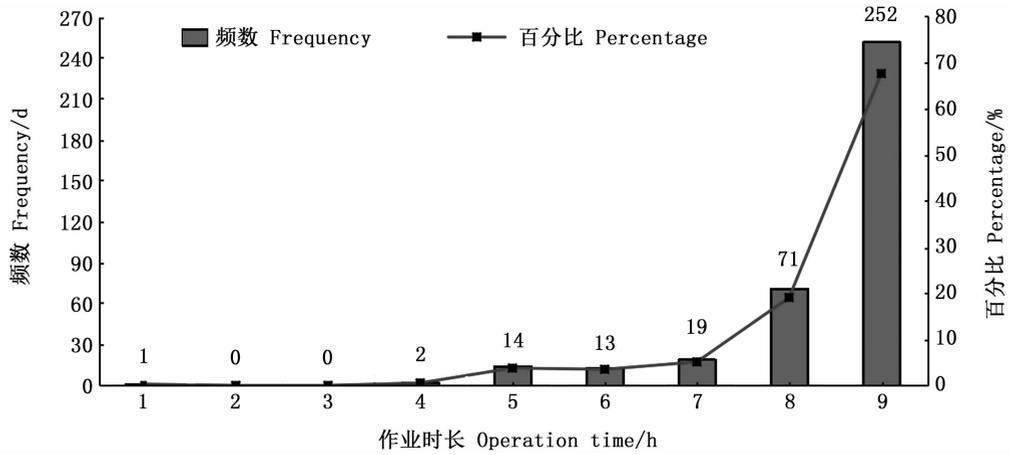


图 1 作业时长分布

Fig. 1 Operating time distribution

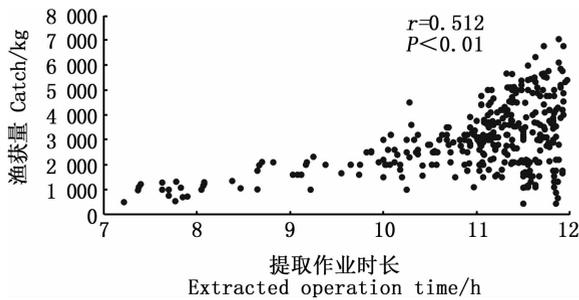


图 2 提取作业时长与渔获量的关系

Fig. 2 The relationship between the extracted operation time and the fish catches

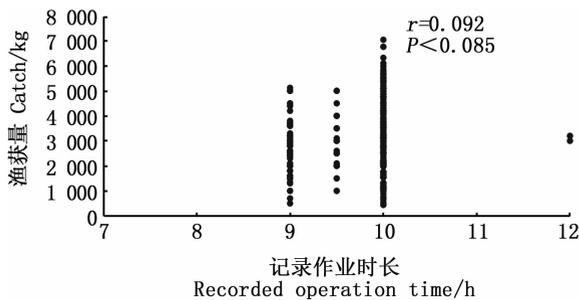


图 3 记录作业时长与渔获量的关系

Fig. 3 The relationship between the recorded operation time and the fish catches

在 12°N 以南海域有一个明显的集中作业区域 (图 4)。

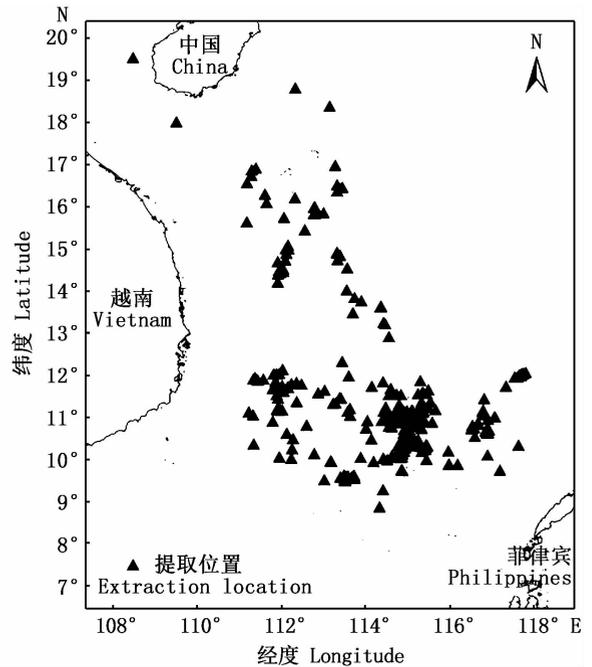


图 4 提取作业位置分布图

Fig. 4 Distribution diagram of the extracted operation positions

2.3 作业位置的提取和验证

由于渔船的作业位置和渔场密切相关,因此本文根据灯光罩网渔船的作业状态特征,利用 AST 软件提取 4 艘灯光罩网渔船每天的作业位置。结果表明,作业位置主要分布在 8°N ~ 19°N, 108°E ~ 118°E 海域以内,且分布具有明显的区域特征,南部海域分布较多,北部较少。此外,

为了进一步验证本研究方法的精确性,将提取的作业位置与渔民实际记录的作业位置进行空间对比分析,利用 ArcGIS 制作 4 艘渔船 2017 年提取和实际的作业位置分布图(图 5),其中提取的作业位置和记录的作业位置分别用两种不同的图例区分,从图中可以看到提取的作业位置和实际记录的作业位置基本接近,但也存在一部分提

取的作业位置与实际记录的位置差异较大。因此,在作业日期相同的情况下,通过点距离法来进一步计算二者空间距离差值。结果显示,根据北斗船位数据提取的4艘灯光罩网渔船作业位置和渔民实际记录的作业位置空间距离差值总体在0.11~192.291 km之间浮动,平均精度为6.21~40.71 km(表3)。其中:桂北渔61999空间距离差值最大,最大差值为192.29 km,平均精度为40.71 km;其次是桂北渔62666,最大差值为155.33 km,平均精度为28.77 km;桂北渔68209最大差值为43.15 km,平均精度为10.31 km;桂北渔36288空间距离差值最小,平均精度为6.21 km(表3)。此外,图6为提取作业位置与实际作业位置的空间距离差值统计分布,从图中可以看到空间距离差值范围主要集中在50 km以内,占总天数的92%,50 km以上仅为8%。

3 讨论

3.1 作业天数和日期的误差分析

通过北斗船位数据提取的灯光罩网渔船的作业月份和实际记录的月份一致,总体分布在2—7月之间(表1),这主要与灯光罩网渔船的主捕群体生物学属性^[11,15-16]以及渔船作业时间有关^[17],相关研究表明,灯光罩网在南海外海主要以捕捞鸕乌贼为主^[15],其资源的分布具有明显的季节变化^[16],其渔汛主要集中在2—6月^[11]。其次,我国大型灯光罩网渔船作业月份主要集中在春夏两季,秋冬季较少^[17]。此外,提取的作业天数比实际记录的作业天数普遍要多,每个月的差值为0~3 d(表1)。产生这种偏差主要是因为灯光罩网根据灯光诱集鱼群原理进行作业,而通常每个月农历14、15、16这3天月光较强,渔船一般不出海作业,所以在作业天数提取过程中应当剔除。但对渔民走访调查中发现,实际的作业情况

与船长的经验和天气状况有很大的关系,一般月光天夜晚云雾较大,月光较弱,船长也会出海作业^[13],所以本研究最终在设定灯光罩网渔船作业状态判定条件过程中并未考虑农历14、15、16这3天对灯光罩网渔船作业产生的影响,所以导致提取的作业天数比实际记录的作业天数普遍要多,每个月存在3 d以内的偏差。由于这种偏差受天气变化以及船长经验习惯影响,难以避免,所以认为提取的作业天数差值在3 d以内都具有一定的合理性。其次,渔捞日志填报受人为因素干扰,出现错报漏报的现象^[13],因而造成实际记录的作业天数比提取的天数要少。此外,提取的作业天数和渔捞日志记录的作业天数上稍有差别,进而导致作业日期出现一定的偏差,但是将提取的作业日期与实际记录的作业日期进行对比,发现提取的作业日期和实际填写的日期极其吻合,总平均准确率为94.45%(表1),因此可以推断本研究提取作业天数的方法具有一定的可行性。

3.2 作业时长的误差分析

提取的作业时长和实际记录的作业时长相比普遍要长,最大误差达到2.4 h(表2)。这主要和作业时长的记录方法以及提取的方法有关。渔捞日志中记录的作业时长,受人为因素影响较大,多为估计值。北斗船位数据是从当天晚上18:00开始到次日凌晨6:00这个时间段内,提取其航速以及水深条件符合的数据点,进而根据提取的船位数据点,累加其作业时长。但在实地渔民调查中发现,灯光罩网在每次起放网之间会有一个10~20 min的时间差,而一个晚上大约作业10个网次,在北斗船位数据提取作业时长过程中,如果渔场位置未发生较大变动,航速水深条件符合,则无法剔除每次起放网之间的时间差,进而导致提取的作业时长比实际记录的作业时长

表3 北斗提取作业位置与实际记录作业位置的空间距离差值

Tab.3 Difference in spatial distance between the location of the Beidou extraction operation and the actual recorded operation position

船名 Vessel name	最大值 The maximum value	最小值 The minimum value	平均值 Average value
桂北渔 36288 Guibei Fishing 36288	34.66	0.11	6.21
桂北渔 61999 Guibei Fishing 61999	192.29	0.79	40.71
桂北渔 62666 Guibei Fishing 62666	155.33	0.18	28.77
桂北渔 68209 Guibei Fishing 68209	43.15	2.03	10.31

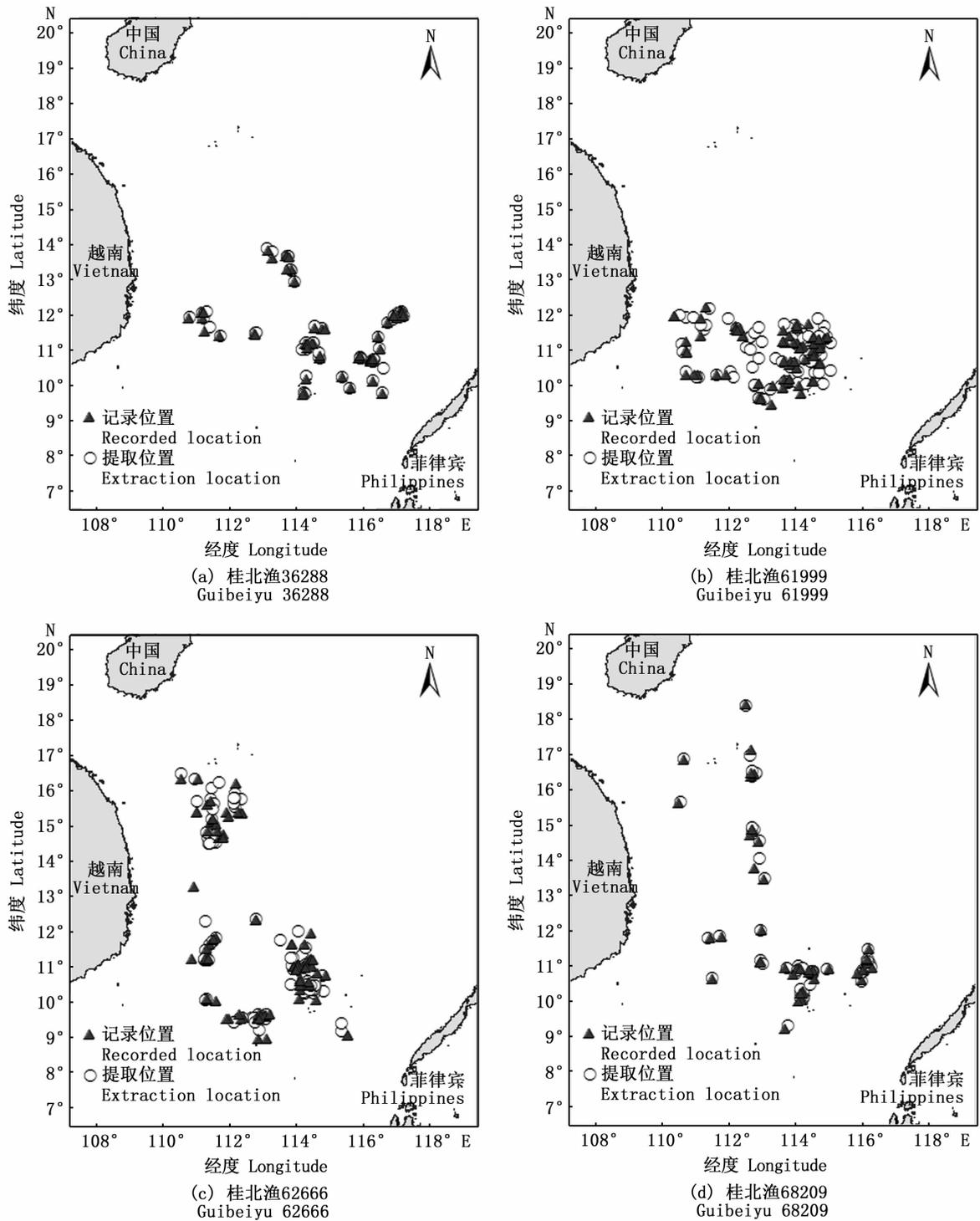


图5 桂北渔 36288 (a)、桂北渔 61999 (b)、桂北渔 62666 (c) 和桂北渔 68209 (d) 提取位置和记录位置空间比较示意图

Fig.5 Schematic diagram of the extraction location and recorded location space of Guibeiyu 36288 (a), Guibeiyu 61999 (b), Guibeiyu 62666 (c) and Guibeiyu 68209 (d)

要长;此外,实际的作业情况与船长的习惯以及天气状况有很大的关系。比如,春夏期间,天黑比较晚,有的船长可能 19:00 以后开始作业,而阴

天的时候天黑比较早,船长则会 18:00 之前作业,所以本研究的作业时长提取条件有所差异,进而可能导致提取的作业时长与实际记录的作业时

长产生偏差。此外,为了进一步验证提取的作业时长的精确性,将根据提取的作业时长和渔捞日志记录的作业时长分别和渔获量进行相关性分析。其中,提取的作业时长与渔获量之间具有显著性相关,相关系数 $r = 0.512$ ($P < 0.01$, 图 2),这与以往研究结果相符。张胜茂等^[18]和 LEE 等^[2]研究认为,捕捞时间作为捕捞努力量的一个重要参数,与渔获量成正相关关系;而本研究中记录的作业时长与渔获量之间不存在相关关系(图 3),可能由于渔捞日志记录的作业时长由渔民填报,多为估计值,导致记录的作业时长比较固定,通常为 9、9.5、10 和 12 h(图 3),与客观事实严重不符,进而导致实际记录的作业时长和渔获量之间相关关系不明显。总体而言,通过北斗船位数据提取的作业时长与客观事实相符,具有一定的现实性意义,但在今后利用北斗船位数据提取作业时间,需要根据实际情况减去一定的误差,可以进一步提高提取作业时长的精确性。

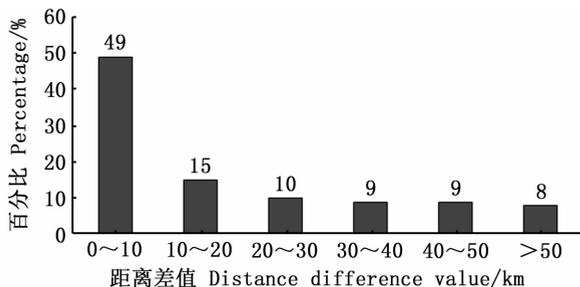


图 6 基于北斗数据提取作业位置 and 实际记录作业位置的空间距离差值统计

Fig. 6 Statistics on the spatial distance difference between the Beidou data extraction operation position and the actual recorded operation position

3.3 作业位置的误差分析

根据灯光罩网渔船的作业特征提取渔船的作业位置,用于渔业资源评估和渔场分析,具有较大的现实性意义^[19]。从图 3 可以看到提取的作业位置与实际记录的作业位置基本相近,主要在南海西北部以及南海南部作业,在 12°N 以南海域有一个明显的作业位置集中分布区域,因此可以推断在该处存在资源丰富的渔场,这与邹建伟等^[11]、范江涛等^[20]和余景等^[21]在关于灯光罩网渔船在南海海外渔场分布研究结果相似,认为在南海中西沙以及南沙一带分布丰富的鸢乌贼渔场。此外,根据提取作业位置 and 实际记录的作

业位置进行空间差值分析,结果表明,总体空间距离差值在 0.11 ~ 192.29 km 浮动,平均精度为 6.21 ~ 40.71 km(表 4),其中有 90% 以上的提取位置精度在 50 km 以内。从渔船的实际作业情况分析,产生这种距离差值主要是因为提取灯光罩网渔船作业位置时将所有船位数据点平均化处理导致的;而实际记录中,其作业位置的填报与渔民自身的习惯有较大的关系,一般情况下,在实际作业过程中渔民可能不会立即填报日志,而是在停止作业之后,或者作业期间任意时间段填报,而渔船虽然停船作业,但也会随着海流以动,一般航速在 0 ~ 2.5 km/h,1 个晚上最多作业不超过 12 h,所以渔船 1 个晚上最多可能会移动 50 km。而其距离差值在 50 km 以内的都属于合理范围。此外,本研究中有一部分提取作业位置 and 渔捞日志记录的作业位置差值大于 50 km,与实际现象不符。对于出现这种极少数较大的空间距离差值,可能是人为不小心填报错误导致的,将其剔除后,其作业位置的提取精度将会有所提高;但总体来说本研究中 90% 以上的提取位置与实际记录的位置相符,因而对灯光罩网渔船作业位置的提取研究具有一定的可行性。

通过北斗渔船船位数据进行灯光罩网渔船作业状态判别分析,并与实测数据进行对比验证,结果显示北斗渔船船位数据可以用来评估灯光罩网渔船的作业状态,但本研究也存在一定的不足,灯光罩网的作业特征判断条件,只是参考文献和对部分渔民调研所得,并未亲自出海调查,所以存在一定的不确定性。其次本研究没有考虑月光效应对灯光罩网渔船的影响,所以不适用于对大时间尺度的灯光罩网船位数据提取。因此,希望今后相关部门可以提供更加精确的作业位置信息,以实现精确提取灯光罩网作业状态。同时也希望在今后能够根据北斗船位数据提取灯光罩网渔船的作业特征进行捕捞努力量计算以及渔场和海洋环境因子的关系研究。

参考文献:

- [1] 张荣瀚,张胜茂,陈雪忠,等. 基于北斗船位数据的流刺网网次和方向提取方法研究[J]. 海洋渔业, 2019, 41(2): 169-178.
ZHANG R H, ZHANG S M, CHEN X Z, et al. Research on extract floating gill net hauls and direction based on Beidou data[J]. Marine Fisheries, 2019, 41(2): 169-178.

- [2] LEE J, SOUTH A B, JENNINGS S. Developing reliable, repeatable, and accessible methods to provide high-resolution estimates of fishing-effort distributions from Vessel Monitoring System (VMS) data[J]. ICES Journal of Marine Science, 2010, 67(6): 1260-1271.
- [3] JOO R, BERTRANDS, CHAIGNEAU A, et al. Optimization of an artificial neural network for identifying fishing set positions from VMS data: an example from the Peruvian anchovy purse seine fishery [J]. Ecological Modelling, 2011, 222(4): 1048-1059.
- [4] HINTZEN N T, PIET G J, BRUNEL T. Improved estimation of trawling tracks using cubic hermite spline interpolation of position registration data[J]. Fisheries Research, 2010, 101(1/2): 108-115.
- [5] RUSSO T, PARISI A, CATAUDELLA S. New insights in interpolating fishing tracks from VMS data for different métiers[J]. Fisheries Research, 2011, 108(1): 184-194.
- [6] MULLOWNEY D R, DAWE E G. Development of performance indices for the Newfoundland and Labrador snow crab (*Chionoecetes opilio*) fishery using data from a vessel monitoring system[J]. Fisheries Research, 2009, 100(3): 248-254.
- [7] STELZENMÜLLER V, MAYNOU F, BERNARD G, et al. Spatial assessment of fishing effort around European marine reserves: implications for successful fisheries management [J]. Marine Pollution Bulletin, 2008, 56(12): 2018-2026.
- [8] 张胜茂, 张衡, 唐峰华, 等. 基于船位监控系统的拖网捕捞努力量提取方法研究[J]. 海洋科学, 2016, 40(3): 146-153.
- ZHANG S M, ZHANG H, TANG F H, et al. Method of extracting trawling effort based on vessel monitoring system [J]. Marine Sciences, 2016, 40(3): 146-153.
- [9] BERTRAND S, DÍAZ E, LENGAINNE M. Patterns in the spatial distribution of Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) revealed by spatially explicit fishing data [J]. Progress in Oceanography, 2008, 79(2/4): 379-389.
- [10] FONSECA T, CAMPOS A, AFONSO-DIAS M, et al. Trawling for cephalopods off the Portuguese coast-fleet dynamics and landings composition[J]. Fisheries Research, 2008, 92(2/3): 180-188.
- [11] 邹建伟, 陈立峰, 林蒋进, 等. 南海海外灯光罩网主要渔场分布及变动研究——基于广西渔船的生产监测统计[J]. 南方水产科学, 2014, 10(4): 78-84.
- ZOU J W, CHEN L F, LIN J J, et al. Analysis on variation & distribution of center fishing ground for light falling-net in offshore of the South China Sea: based on statistics of fishery surveillance to Guangxi fishing vessels [J]. South China Fisheries Science, 2014, 10(4): 78-84.
- [12] 陈森, 张鹏, 晏磊, 等. 南海新建钢质罩网渔船渔获组成及渔场分析[J]. 南方水产科学, 2015, 11(5): 125-131.
- CHEN S, ZHANG P, YAN L, et al. Analysis on catch composition and fishing ground by new-built steel light falling-net fishing in the South China Sea [J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(5): 125-131.
- [13] 晏磊, 张鹏, 杨咨, 等. 月相对南海灯光罩网鳶乌贼渔获率的影响分析[J]. 南方水产科学, 2015, 11(3): 16-21.
- YAN L, ZHANG P, YANG L, et al. Effect of moon phase on fishing rate by light falling-net fishing vessels of *Symplectoteuthis oualaniensis* in the South China Sea [J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(3): 16-21.
- [14] 冯波, 颜云榕, 张宇美, 等. 南海鳶乌贼 (*Sthenoteuthis oualaniensis*) 资源评估的新方法 [J]. 渔业科学进展, 2014, 35(4): 1-6.
- FENG B, YAN Y R, ZHANG Y M, et al. A new method to assess the population of *Sthenoteuthis oualaniensis* in South China Sea [J]. Progress in Fishery Sciences, 2014, 35(4): 1-6.
- [15] 晏磊, 李杰, 杨炳忠, 等. 光诱罩网沉降性能对鳶乌贼渔获率的影响 [J]. 南方水产科学, 2018, 14(4): 10-16.
- YAN L, LI J, YANG B Z, et al. Relationship between sinking performance of light falling-net and catch rate of *Sthenoteuthis oualaniensis* [J]. South China Fisheries Science, 2018, 14(4): 10-16.
- [16] 范江涛, 张俊, 冯雪, 等. 基于地统计学的南沙海域鳶乌贼渔场分析 [J]. 生态学杂志, 2017, 36(2): 442-446.
- FAN J T, ZHANG J, FENG X, et al. Analysis of *Sthenoteuthis oualaniensis* fishing grounds in Nansha sea area based on geostatistics [J]. Chinese Journal of Ecology, 2017, 36(2): 442-446.
- [17] 招春旭. 南海鳶乌贼渔场时空分布及其预报模型构建 [D]. 湛江: 广东海洋大学, 2017: 24-32.
- ZHAO C X. The Spatial-temporal distribution and the construction of the prediction model of the Purpleback Flying Squid (*Sthenoteuthis oualaniensis*) in South China Sea [D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2017: 24-32.
- [18] 张胜茂, 杨胜龙, 戴阳, 等. 北斗船位数据提取拖网捕捞努力量算法研究 [J]. 水产学报, 2014, 38(8): 1190-1199.
- ZHANG S M, YANG S L, DAI Y, et al. Algorithm of fishing effort extraction in trawling based on Beidou vessel monitoring system data [J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(8): 1190-1199.
- [19] 居礼. 北斗卫星导航系统在海洋渔业的应用 [J]. 卫星与网络, 2013(3): 16-22.
- JU L. The application of Beidou satellite navigation system in marine fishery [J]. Satellite & Network, 2013(3): 16-22.
- [20] 范江涛, 张俊, 冯雪, 等. 基于栖息地模型的南沙海域鳶乌贼渔情预报研究 [J]. 南方水产科学, 2015, 11(5): 20-26.
- FAN J T, ZHANG J, FENG X, et al. Fishery forecast research of purpleback flying squid in Nansha area based on Habitat model [J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(5): 20-26.

- [21] 余景, 胡启伟, 李纯厚, 等. 西沙—中沙海域春季鳶乌贼资源与海洋环境的关系[J]. 海洋学报, 2017, 39(6): 62-73.
YU J, HU Q W, LI C H, et al. Relationship between the

Symplectoteuthis oualaniensis resource and environmental factors in the Xisha-Zhongsha waters in spring[J]. Haiyang Xuebao, 2017, 39(6): 62-73.

Extraction and verification of operational state characteristics of light shield net vessels based on Beidou vessel position data

XIE Enge^{1,2,3}, WU Qiaer^{1,2,3}, ZHOU Yanbo^{1,3}, ZHANG Shengmao^{1,4}, FENG Fei^{1,3}

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, Guangdong, China; 2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Key Laboratory of South China Overseas Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangzhou 510300, Guangdong, China; 4. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: In order to study an extraction method using the Beidou position data to extract the operational status characteristics of light shield net fishing vessels, the Beidou position data of the four light shield net fishing vessels of Guibei Fishing 36288, 61999, 62666 and 68209 in 2017 were selected. The threshold comprehensive judgment method is used to judge the state of the light shield net fishing vessels operation, and the ship position of the light shield net fishing vessels operational status is determined by the threshold values of the speed, the water depth, and the time interval. The ship's position analysis software (AST) is used to extract the operating days, the operating date, the operating time, and the corresponding operating position information of the fishing vessels, and compare and verify the actual recorded fishing log data. The results show that: the error between the extracted result and the actual recorded result is small, and the monthly difference in the number of operating days is within 0–3 days; the corresponding operation date accuracy rate is above 94.45%; the maximum daily error of operation time is less than 2.4 h, the minimum error is 0 h, the total average error is 1.49 h, there is a significant difference between the extracted operating time and catch rate, the correlation coefficient is $r=0.512 (P<0.01)$; the difference in operating distance is small, and the total is within 50 km. Therefore, it can be determined that the method of extracting the operating state characteristics of the light shield net fishing vessels according to the data of the Beidou vessel position is reliable and has great practicality and practical significance.

Key words: Beidou vessels position data; light shield net fishing vessel; speed; position; operation state