

高分遥感影像在海域使用监测中的应用可行性分析 ——以连云港市为例

张彦彦¹, 赵新生¹, 许海蓬^{1,2}, 马毅²

(1. 连云港市海域使用保护动态管理中心, 江苏连云港 222001; 2. 国家海洋局第一海洋研究所, 山东青岛 266061)

摘要: 高分遥感影像在海域使用监测存在位置偏移的问题, 本文针对连云港海域动态监测中常用的资源三号(ZY-3)、Rapid Eye 和高分一号(GF-1)遥感数据, 应用现场测量的海域界址点数据, 对高分遥感影像在海域使用监测中的应用开展可行性分析。结果表明: (1)遥感影像相对海域界址数据偏移大小不同: Rapid Eye 影像的均方根误差 E_{RMS} 最大, 为 9.09 m, 小于 2 个像元; GF-1 影像的 E_{RMS} 为 8.90 m, 大于 4 个像元; ZY-3 影像的 E_{RMS} 最小, 为 7.87 m, 小于 4 个像元; (2)3 种卫星影像的东西向和南北向平均偏移量接近, ZY-3 影像的分别为 4.92 m 和 5.00 m; Rapid Eye 影像的分别为 5.97 m 和 5.84 m; GF-1 影像的分别为 6.59 m 和 4.52 m; (3)不同影像的内部精度一致性存在差异, 即影像上同名点与界址位置的偏移方向和偏移量存在不同, 其中 Rapid Eye 影像的偏移方向无规律性, 且偏移量较大, 而 ZY-3 和 GF-1 影像总体向东偏移, ZY-3 影像偏移量要小于 GF-1 影像; (4)对于不同空间分辨率的影像而言, 校正后东西向和南北向上的误差, 并不能直接决定对应地物面积的误差大小。

关键词: 遥感; 海域使用; 高分影像

中图分类号: P714 文献标识码: A
doi: 10.11759/hyhx20141011014

文章编号: 1000-3096(2015)02-0091-07

随着海洋经济的快速发展, 海域使用日益频繁, 这就要求海域管理部门对用海情况进行动态监测。目前海域使用动态监测手段主要包括现场巡查、遥感监测和视频监测, 其中现场巡查定位精度高, 但耗时费力; 视频监测实时性好, 但视场范围小且监测范围有限; 遥感技术具有无需到达现场、监测范围广、现势性好的特点, 在海域动态监测中应用广泛。然而受遥感平台稳定性和传感器镜头畸变的影响, 遥感影像会出现不同程度的变形情况, 导致地物定位不准, 通常是利用陆地上采集的像控点开展遥感影像的几何校正。需要指出的是, 海岸带区域一侧为海洋、另一侧是陆地, 使得像控点分布在陆域一侧, 也就是像控点分布不均匀。那么该情形下几何校正后的遥感影像定位精度能否满足海域使用监测的要求, 就是一个值得探讨的问题。

近年来, 遥感技术在海域监测应用方面受到了诸多学者的关注, 简慧兰等^[1]提出利用遥感技术对海域情况进行监测, 能够及时、准确地发现海域动态变化, 为海域管理提供技术支撑。崔丹丹等^[2]提出无人机遥感技术可应用于江苏海域和海岛动态监视监

测的想法, 借此实现对海洋信息的综合管理与服务。但是上述工作都没有对海域监测中的遥感影像定位精度进行评价。在海岸带区域卫星影像定位精度评价方面, Scepan 等^[3]开展了空间分辨率为 1 km 的地表覆盖数据集的定位精度分析与评价; 王建步等^[4]以黄河三角洲飞雁滩资源一号 02C 卫星遥感影像二级产品为例, 对其定位精度评价, 结果表明, 在实验区域资源一号 02C 卫星影像二级产品的定位能力在 2 个像元左右, 经过几何精校正后, 定位能力优于 1 个像元, 可以满足海岸带遥感调查工作的需要; 刘荣杰等^[5]利用实测像控点开展黄、东海区域海岸带 ZY-3 卫星影像的自主定位精度评价。综上所述, 大多数学者开展的是遥感技术在海岸带管理方面的应用等一系列应用研究, 而对于高分遥感影像在海域使用界址定位中的位置偏移误差方面, 相关的分析较少。

收稿日期: 2014-10-11; 修回日期: 2014-11-10

基金项目: 2014 年海洋公益性项目(201405028); 2013 年市级科技项目(SH1317)

作者简介: 张彦彦(1982-), 男, 江苏淮安人, 工程师, 硕士, 主要从事海域使用及海籍测量研究工作, E-mail: zyy0422@163.com

本文针对海域动态监测中常用的 ZY-3、Rapid Eye 和 GF-1 等高分卫星遥感数据,以连云港海域为例,通过分析遥感影像中海域使用界址定位的误差,探讨高分卫星遥感影像在海域使用监测中的应用可行性。

1 数据与处理

1.1 数据源

本文应用了江苏连云港海域的 GF-1、ZY-3 和 Rapid Eye 卫星遥感影像,快视影像如图 1 所示。GF-1 卫星是中国高分辨率对地观测系统的首颗卫星,搭载了空间分辨率分别为 2 m 和 8 m 的全色和多光谱相机。ZY-3 卫星为我国自行研制的光学高分辨率立体测绘卫星,搭载的三线阵测绘相机和多光谱相机,可获得分辨率分别为 2.1 m 和 6 m 的全色和多光谱影像。Rapid Eye 卫星获取的影像具有覆盖范围广、重放周期短的优点,空间分辨率为 5 m。3 个卫星影像数据的参数见表 1。

本文使用的海域界址点数据由连云港市海域使用保护动态管理中心现场采集,是海域监测业务工作中按照相关规范测量得到的数据,定位精度达亚米级。海域界址点在影像中的位置以及现场工作照片如图 2 所示,空间位置如图 3 所示,这些点作为影像校正的像控点和检查点。

1.2 数据处理

1.2.1 几何校正

遥感影像获取时,传感器的姿态、成像系统误差和地形起伏等因素会使图像发生不同程度的几何畸

变,如图 4 所示。为了消除影像这种变形,本文以现场实测的像控点对卫星影像进行了几何校正。校正过程使用二次多项式校正模型,独立检验点均方根误差为 1.6 像素。

1.2.2 图像融合

GF-1 和 ZY-3 卫星影像包括全色和多光谱波段,其中全色影像空间分辨率高,多光谱影像含有丰富的光谱信息,将两者进行融合,可得到既具有全色影像的高空间分辨率又具有多光谱影像丰富光谱信息的融合影像,有助于在影像上快速、准确的找出海域使用数据中界址点位置。图 5 以 GF-1 卫星影像为例,给出了采用乘积变换的方法进行融合的前后效果。

2 误差分析方法

2.1 定性分析

本文将影像与海域使用界址数据叠加,定性分析高分遥感影像在海域使用界址定位中的误差及其原因。

卫星影像相对于海域使用界址数据的偏移情况如图 6 所示。从图中可以看出,遥感影像相对海域界址数据偏移的方向和大小均不同。分析误差原因,主要有两个方面:一方面是海域界址多位于远离陆地的海上,而像控点多位于陆地上,难以有效控制;另一方面,遥感影像解译时,选取同名点的过程中,存在一定的主观性,导致影像校正结果的不理想。

2.2 定量分析

本文从绝对误差、均方根误差、位置误差导致

表 1 GF-1、ZY-3 和 Rapid Eye 卫星影像参数

Tab.1 The parameters of GF-1, ZY-3 and Rapid Eye satellite images

卫星名称		GF-1	ZY-3	Rapid Eye
光谱范围(μm)	全色	0.45~0.90	0.45~0.90	—
	多光谱	0.45~0.52	0.45~0.52	0.44~0.51
		0.52~0.59	0.52~0.59	0.52~0.59
		0.63~0.69	0.63~0.69	0.63~0.685
		—	—	0.69~0.73
空间分辨率(m)		0.77~0.89	0.77~0.89	0.76~0.85
	全色	2	2.1	—
	多光谱	8	6	5
覆盖周期(d)	全色	4	3~5	—
	多光谱	41	5	1



图 1 高分遥感影像

Fig.1 The remote sensing images with high spatial resolution

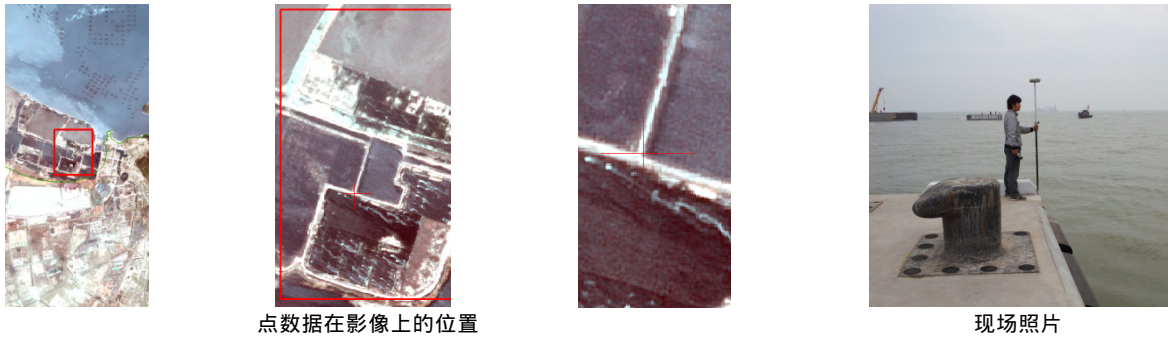


图 2 遥感影像上的海域界址点位置示意及现场测量照片

Fig.2 The position of boundary point data in remote sensing image and field work photo

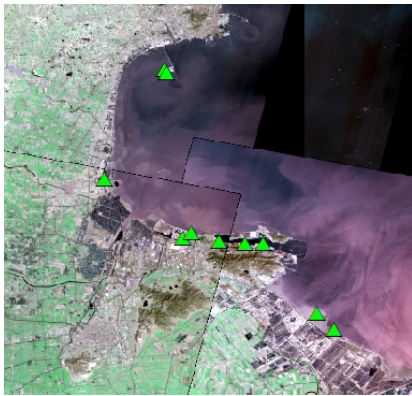


图 3 海域使用界址点位置空间分布图

Fig.3 The distribution of boundary point data of using sea area

的面积误差和影像位置偏移矢量 4 个角度, 定量分析高分遥感影像在海域使用界址定位中的误差及其原因。

绝对误差公式:

$$\Delta x = x_1 - x, \Delta y = y_1 - y$$

均方根误差 E_{RMS} 公式:

$$E_{RMS} = \sqrt{\frac{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2}{n}}$$

其中, (x, y) 和 (x_1, y_1) 分别为海域使用数据中的特征点坐标和对应的遥感影像中的同名点坐标, n 为同名点的个数。

由于所用遥感影像的刈幅宽度、内部几何畸变等不同, 在像控点的数量较少和分布不均匀的情况下, 对不同影像的校正效果存在差别。本文中, 结合现有的海域使用界址数据, 在 3 种遥感影像上选择同名点计算定位误差, 结果见表 2 和表 3。由于影像的成像时间不同, 每期影像上选择同名点的个数存在不同。共选择了 32 个点, 计算每期影像上同名点的绝对误差和 E_{RMS} 。

2012 年 ZY-3 影像上, 东西向和南北向 2 个方向上的平均偏移距离分别为 3.82 m 和 5.65 m, 其中最大偏移距离发生在南北向上, 为 14.83 m; 2013 年

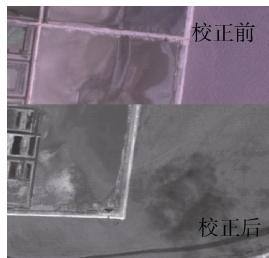


图 4 几何校正前后效果

Fig.4 Comparison of the images before and after Geo-Correction

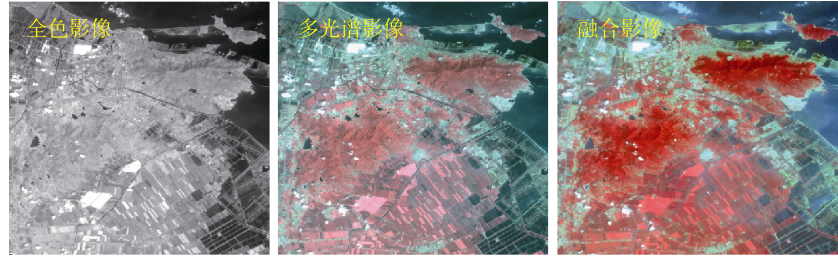


图 5 GF-1 影像融合示意

Fig.5 The panchromatic, multi-spectral and fusion images

表 2 3 种卫星影像的位置偏移误差分析表

Tab.2 The shifting error of three kinds of satellite images

编号	x(m)				y(m)			
	2012 ZY-3	2013 ZY-3	Rapid Eye	GF-1	2012 ZY-3	2013 ZY-3	Rapid Eye	GF-1
1	9.06	11.07	4.04	4.23	3.21	0.46	5.26	3.70
2	-	9.78	-	14.00	-	5.60	-	6.65
3	-	7.62	-	7.67	-	4.02	-	2.24
4	0.64	2.22	9.28	0.62	6.96	4.70	7.19	4.49
5	5.77	0.08	0.19	-	2.08	1.39	10.72	-
6	3.08	8.37	11.08	9.95	7.89	2.23	5.51	0.62
7	3.83	9.23	9.02	2.88	14.83	15.40	4.73	10.85
8	4.07	5.65	8.83	6.80	0.07	2.24	4.70	3.12
9	0.28	2.74	5.19	-	4.51	5.83	4.15	-
10	-	3.33	0.13	-	-	1.72	4.45	-
均值	3.82	6.01	5.97	6.59	5.65	4.36	5.84	4.52

注: -代表无对应的同名点

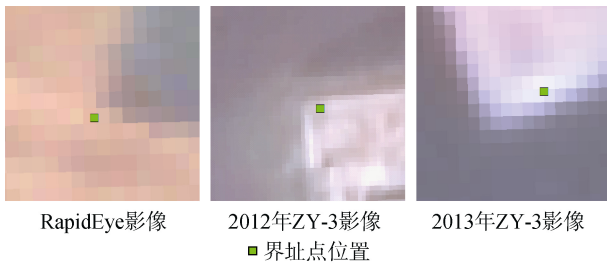


图 6 遥感影像上海域界址点常见的偏移现象(绿色矩形为界址点位置)

Fig.6 The usual shifting phenomena various of satellite images

表 3 3 种卫星影像的位置偏移 E_{RMS} 值

Tab.3 The shifting error analyst in three kinds of satellite images

影响类型	2012 ZY-3	2013 ZY-3	Rapid Eye	GF-1
$E_{RMS}(m)$	7.87	8.04	9.09	8.90

ZY-3 影像上, 东西向和南北向上平均偏移距离分别为 6.01 m 和 4.36 m, 其中偏移最大值达到 15.40 m; Rapid Eye 影像上, 2 个方向上偏移距离的平均值为 5.97 m 和 5.84 m; GF-1 影像上, 东西向和南北向 2 个

方向上, 平均偏移距离分别为 6.59 m 和 4.52 m, 偏移最大值发生在东西向方向上, 为 14.00 m。

从图 7 中可以看出, Rapid Eye 影像的 E_{RMS} 最大, 值为 9.09 m, 小于 2 个像元; GF-1 影像的 E_{RMS} 为 8.90 m, 大于 4 个像元; ZY-3 影像的 E_{RMS} 最小, 为 7.87 m, 小于 4 个像元。

卫星影像在东西向和南北向上的误差, 导致同一区域的面积误差, 分析如下:

假设某一地物的面积为 S , 则对于影像而言,

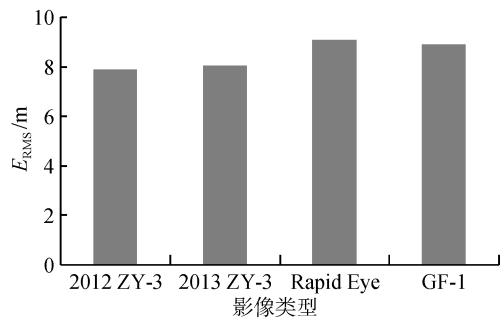


图 7 4 种影像对应的 E_{RMS} 值

Fig.7 E_{RMS} values of four kinds of images

$S = L \cdot H \cdot \Delta x^2 = X \cdot Y$, Δx 为像元的空间分辨率, L 、 H 分别为东西向和南北向上的像元个数, ΔL 、 ΔH 分别为东西向和南北向上的像元个数增量, X 、 Y 分别为东西向和南北向上的长度, 如图 8 所示。

那么, 卫星影像在东西向和南北向上的误差导致同一区域面积的差异为:

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{(\Delta L \cdot H + L \cdot \Delta H) \cdot \Delta x^2}{L \cdot H \cdot \Delta x^2} = \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta H}{H} = \Delta x \left(\frac{\Delta L}{X} + \frac{\Delta H}{Y} \right)$$

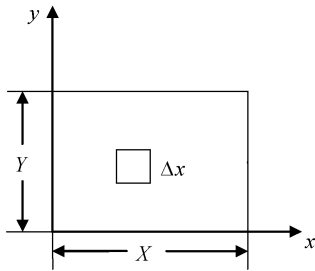


图 8 东西向和南北向误差导致总面积误差示意图

Fig.8 The schematic diagram of total error generated by the east-west and north-south direction errors

表 4 东西向和南北向方向上的误差导致对应地物的面积误差

Tab.4 The area errors generated by corresponding errors in east-west and north-south direction

影像类型	2012 ZY-3	2013 ZY-3	Rapid Eye	GF-1
面积误差	$\frac{382}{X} + \frac{565}{Y}$	$\frac{601}{X} + \frac{436}{Y}$	$\frac{597}{X} + \frac{584}{Y}$	$\frac{659}{X} + \frac{452}{Y}$

3 结果与分析

本文从定性和定量 2 个角度, 开展高分遥感影像在连云港海域使用界址定位中的误差分析, 其中定性分析中采用影像与海域使用界址数据叠加图的方法开展; 定量分析包括绝对误差、均方根误差、位置误差导致的面积误差和影像位置偏移矢量图 4 个方面, 结果如下: (1)遥感影像相对海域界址数据偏移的方向和大小均不同。(2)Rapid Eye 影像的均方根误差 E_{RMS} 最大, 为 9.09 m, 小于 2 个像元; GF-1 影像的 E_{RMS} 为 8.90 m, 大于 4 个像元; ZY-3 影像的 E_{RMS} 最小, 为 7.87 m, 小于 4 个像元。(3)3 种卫星影像的东西向和南北向平均偏移量接近, 其中 ZY-3 影像中, 分别为 4.92 m 和 5 m; Rapid Eye 影像中, 分别为 5.97 m 和 5.84 m; GF-1 影像中, 分别为 6.59 m 和 4.52 m。(4)不同影像的内部精度一致性存在差异, 即影像上同名点与界址位置的偏移方向和偏移量存在不同,

卫星影像在东西向和南北向上的误差, 导致对应地物面积的误差比例如表 4 所示。从表中可以看出, 2012 年 ZY-3 的误差比例小于 Rapid Eye; 经计算, 当 $Y < 37X$, 即对应的地物在南北向的长度小于 37 倍的东西向长度时, 2013 年 ZY-3 影像的面积误差小于 Rapid Eye 影像; 同样, 当 $Y < 2.13X$ 时, GF-1 影像的面积误差小于 Rapid Eye。

2.3 影像的位置偏移矢量

图 9 为 3 种影像的位置偏移矢量图, 从图中可以看出, 4 期影像偏移的方向和偏移量均不同。其中 2012 年 ZY-3 影像上各点的偏移距离较小, 其中最大偏移距离发生在南北向, 值为 14.83 m; 2013 年 ZY-3 影像中, 除 2 个点向西偏移, 其余点均为东向偏移, 其中向西偏移的最大距离发生在东西向, 偏移距离为 8.37 m, 向东偏移的最大距离在南北向方向上, 值为 15.40 m; 在 GF-1 和 2013 年 ZY-3 影像上, 均有一个点偏移较大, 偏移距离分别为 15.50 m 和 17.95 m; 在 Rapid Eye 影像上, 则有 5 个点偏移较大, 偏移距离最大为 12.37 m。

其中 Rapid Eye 影像的偏移方向无规律性, 且偏移量较大, 而 ZY-3 和 GF-1 影像总体向东偏移, ZY-3 影像偏移量要小于 GF-1 影像。(5)对于不同空间分辨率的影像而言, 校正后东西向和南北向上的误差, 并不能直接决定对应地物面积的误差大小。

4 结论与讨论

本文针对高分遥感影像在海域使用监测中存在位置偏移的问题, 利用连云港海域动态监测中常用的 ZY-3、Rapid Eye 和 GF-1 遥感数据, 应用现场测量的海域界址点数据, 对高分遥感影像在海域使用监管中的应用开展可行性分析。结论如下: 3 种遥感影像 ZY-3、Rapid Eye 和 GF-1 相对海域界址数据偏移大小各异, ZY-3 的均方根误差最小, Rapid Eye 影像的最大; 3 种遥感影像上同名点与界址位置的偏移方向和偏移量也存在不同; 对于不同空间分辨率的影像而言, 校正后东西向和南北向上的误差, 并不

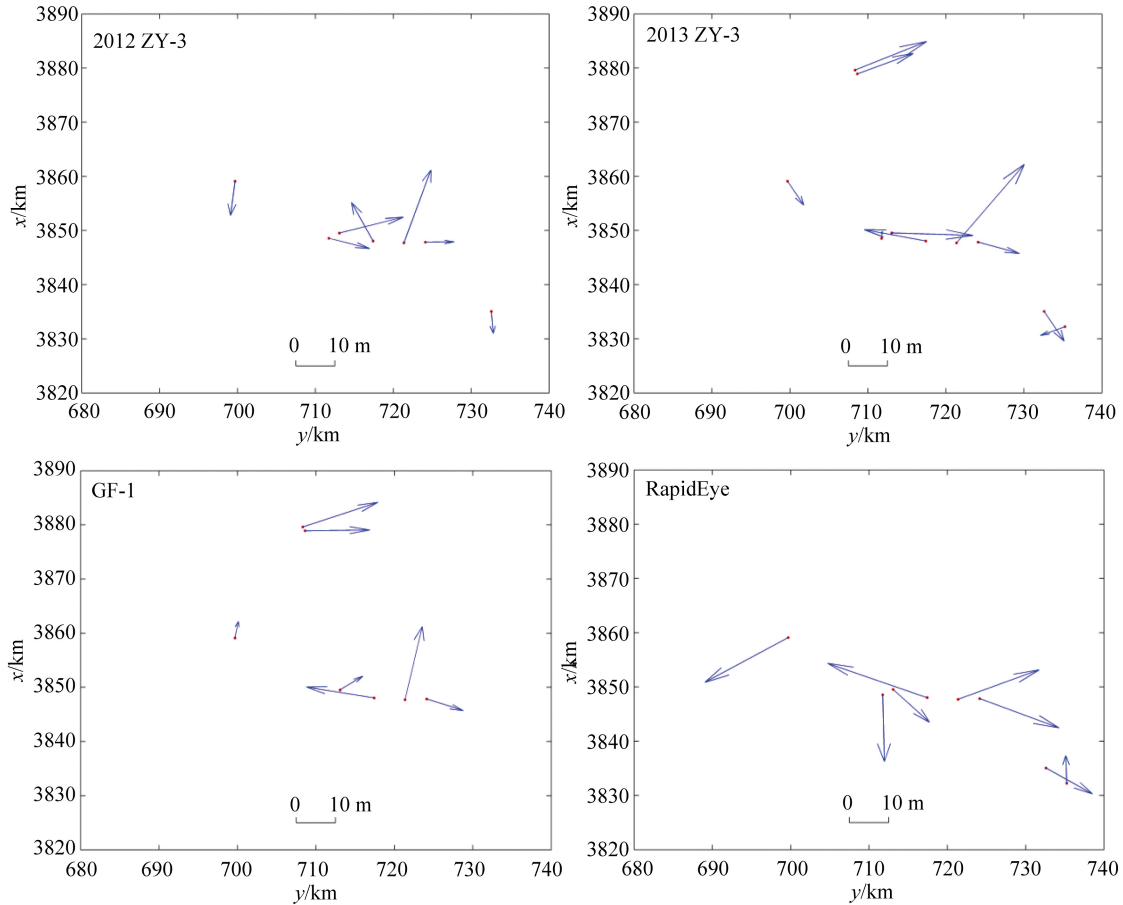


图 9 4 期卫星影像上不同位置的偏移矢量

Fig.9 The shifting vector of different locations in various of satellite images

能直接决定对应地物面积的误差大小。东西向南北向由于海域使用数据与卫星影像存在时相的差别,也会带来一定的误差,需要在具体应用工作中加以辨识和区分。

参考文献:

[1] 简慧兰, 张芸. 浅议遥感影像技术在海域管理中的应用[J]. 海洋开发与管理 2011, 11: 18-19.
 [2] 崔丹丹, 吕林, 方位达. 无人机遥感技术在江苏海域和海岛动态监视监测中的应用研究[J]. 现代测绘,

2013, 36(6): 10-11.

[3] Scepan J, Estes J E, Starmer W J. Accuracy analysis and validation of global 1 km land cover data sets[J]. Geoscience and remote sensing, 1996, 1(2): 198-200.
 [4] 王建步, 张杰, 马毅. 资源一号 02C 卫星遥感影像二级产品定位精度评价[J]. 海洋测绘, 2013, 33(5): 67-70.
 [5] 刘荣杰, 张杰, 马毅, 等. ZY-3 影像在我国海岸带区域的定位精度评价[J]. 国土资源遥感, 2014, 26(3): 141-145.

The feasibility analysis of the high-spatial resolution remote sensing imaging in sea supervision ——In the Case of Lianyungang

ZHANG Yan-yan¹, ZHAO Xin-sheng¹, XU Hai-peng^{1, 2}, MA Yi²

(1. Oceanic administration and protection center of Lianyungang, Lianyungang 222001, China; 2. First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China)

Received: Oct., 11, 2014

Key words: remote sensing; sea area use; high-spatial resolution image

Abstract: There is a problem of position deviation with the high-spatial resolution remote sensing images in sea supervision. With the most frequently used remote sensing images of ZY-3, Rapid Eye and GF-1 and the data obtained in situ, the feasibility analysis of the high-spatial resolution remote sensing imaging in sea supervision and monitoring was performed. The results indicated that: (1) The offset between the position of boundary point data and remote sensing image is different: the E_{RMS} of Rapid Eye was the maximum with a value of 9.09 m, suggesting that it was less than two pixels; for GF-1, the E_{RMS} was 8.90 m, suggesting that it was more than four pixel. For ZY-3, the E_{RMS} value was the minimum with a value of 7.87 m, suggesting that it was less than four pixels. (2) The east to west and north to south average offsets of three kinds of satellite images were very close. The average offsets of ZY-3 images were 4.92 m and 5.00 m, the average offsets of Rapid Eye images were 4.92 m and 5.00 m, and those of GF-1 images were 4.92 m and 5.00 m, respectively. (3) The internal precision consistency of various images have a little difference. In other words, offset and corresponding direction between the same points and boundary positions was different. For Rapid Eye image, the offset direction was irregular and the offset was larger. The whole images of ZY-3 and GF-1 deviated eastward, but the offset of ZY-3 is smaller than that of GF-1. (4) For different spatial resolution images, the error of x and y directions after correction was not directly related to the error of the area corresponding to surface features.

(本文编辑: 李晓燕)