

基于Himawari8的巢湖蓝藻监测

安徽省气象科学研究所

荀尚培等

2017.04

观测区域

- * 巢湖：位于安徽省中部，长江流域下游左岸，介于东经 $117^{\circ}16'54''$ - $117^{\circ}51'46''$ ，北纬 $31^{\circ}43'28''$ - $31^{\circ}25'28''$ 之间
- * 鸟巢状，多年平均水位8.4m，平均深度2.5m。湖区面积 760Km^2 ，流域总面积 1.35万Km^2 ，占全省国土总面积的9.6%。我国第五大淡水湖
- * 巢湖水质污染严重，水源终年含藻，从生物群落的数量组成看，蓝藻门在时间和空间上占绝对优势。5~11月为巢湖蓝藻增殖最旺盛的时期，其数量占藻类总量的99%以上。
- * 巢湖湖水中富含氮、磷和有机物，在每年的高温季节，湖水中的藻类呈爆发性的“疯长”，并形成“水华”（湖靛）。

常规观测

- * 在线式：浮标和水上平台，水下布设传感器
- * 离线式：水体采样，实验室分析
- * 卫星观测：蓝藻聚集的面积、强度；叶绿素浓度；水面温度等
- * 卫星传感器：AVHRR/NOAA、CAVHRR/FY1、MERSI/FY3、TM/LANDSAT、MODIS/EOS、CCD/HJ等

新卫星特征

- * 2014年10月7日日本第三代静止气象卫星首发星Himawari8发射，该星于2015年7月业务化
- * 星上装载了静止轨道成像仪AHI（ITT EXELIS公司研制）
- * 16个通道（包括3个可见光通道、3个近红外通道、10个红外通道）
- * 常规观测频次为10分钟，对特殊区域或台风天气还可实施区域加密观测

传感器比对

AHI/Himawari8		MODIS/EOS	
中心波长(nm)/通道	分辨率(Km)	波长范围(nm) /通道	分辨率(Km)
460/CH1	1.0	459~479/CH3	0.50
510/CH2	1.0	545~565/CH4	0.50
640/CH3	0.5	620~670/CH1	0.25
860/CH4	1.0	841~876/CH2	0.25

美国EOS卫星TERRA自1999年发射后，TERRA及其下午星AQUA所携带的MODIS（中分辨率成像光谱仪）迅速成为生态环境观测主力传感器，是近二十年来业务观测和遥感研究使用最多的仪器之一，其通道配置与Himawari8的AHI相比，两者在部分通道上共同之处甚多

延续的监测算法

- * 归一化植被指数：AHI的近外波段（CH4）和红光波段（CH3）接收的反射率

NDVI>0时视为蓝藻

- * 线性混合像元理论：

$$NDVIt = NDVIw * (1 - B\%) + NDVIb * B\%$$

- * NDVIt为像元NDVI
- * NDVIw为纯水像元NDVI
- * NDVIb为纯蓝藻像元NDVI
- * B%为蓝藻在该像元中所占百分比，即覆盖度

延续的监测算法

- 准确的端元 $NDVI_b$ 和 $NDVI_w$ 值是提高覆盖度计算精度的关键环节。
- 2016年5月10日至12月31日获取的28077478个(10334个时次, 去除了夜间及云覆盖影响的时次)巢湖有效卫星遥感(EOS/MODIS)像元, $NDVI$ 值提取出来, 进行统计分析, 去除其中的非相关极端值(湖中岛屿、云等)
- 将其中低值区10%以及高值区10%分别平均后作为 $NDVI_w$ 和 $NDVI_b$ 。

	MAX of 10%	MIN of 10%	AVE of 10%
$NDVI_w$	-0.911	-0.635	-0.703
$NDVI_b$	0.888	0.610	0.666

AHI巢湖蓝藻监测结果

- * 编写程序对AHI/Himawari8数据进行远程下载、解压缩、解包、条带拼接、局地数据提取、NDVI计算、合成图制作、强度图制作、统计等工作。
- * 由于AHI/Himawari8圆盘图数据非常大，在实际业务中只选取了2、3、4三个条带的16个通道数据进行下载，以保证中国地区的整体可见。
- * 三个条带总数据一天24小时每十分钟下发一次，期间有两次（0240和1440）不进行圆盘图观测，共计观测142个时次，16个通道数据总计6816条，大小约26.8G。
- * 对巢湖的观测在数据拼接完成后，按照事先预定好的参数进行局地数据提取并作地球投影，最终得到经纬度范围在117°E-118°E、31°N-32°N，空间分辨率250米，数据块大小400*400像素的LDF文件、合成图、强度图各一。
- * LDF文件中，非湖区像元用32766填充，云用25500填充，其余像元为整形数，是NDVI扩大10000倍后的整数。

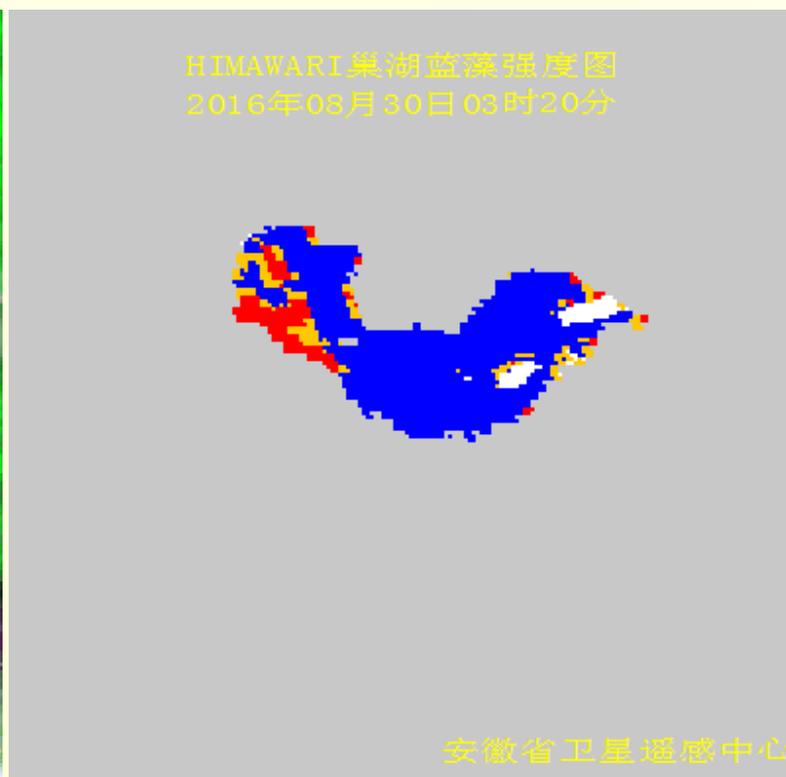
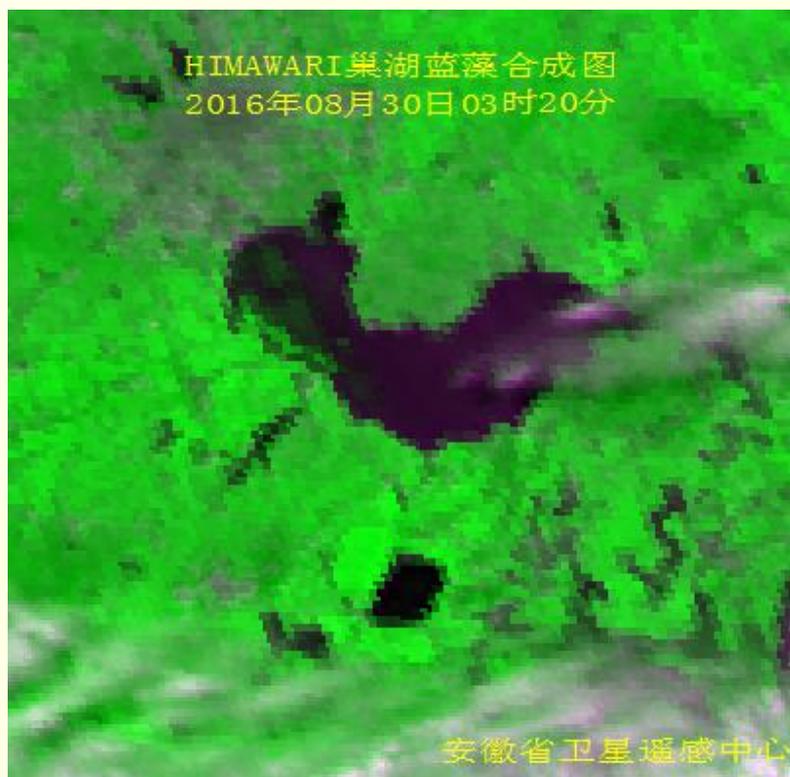
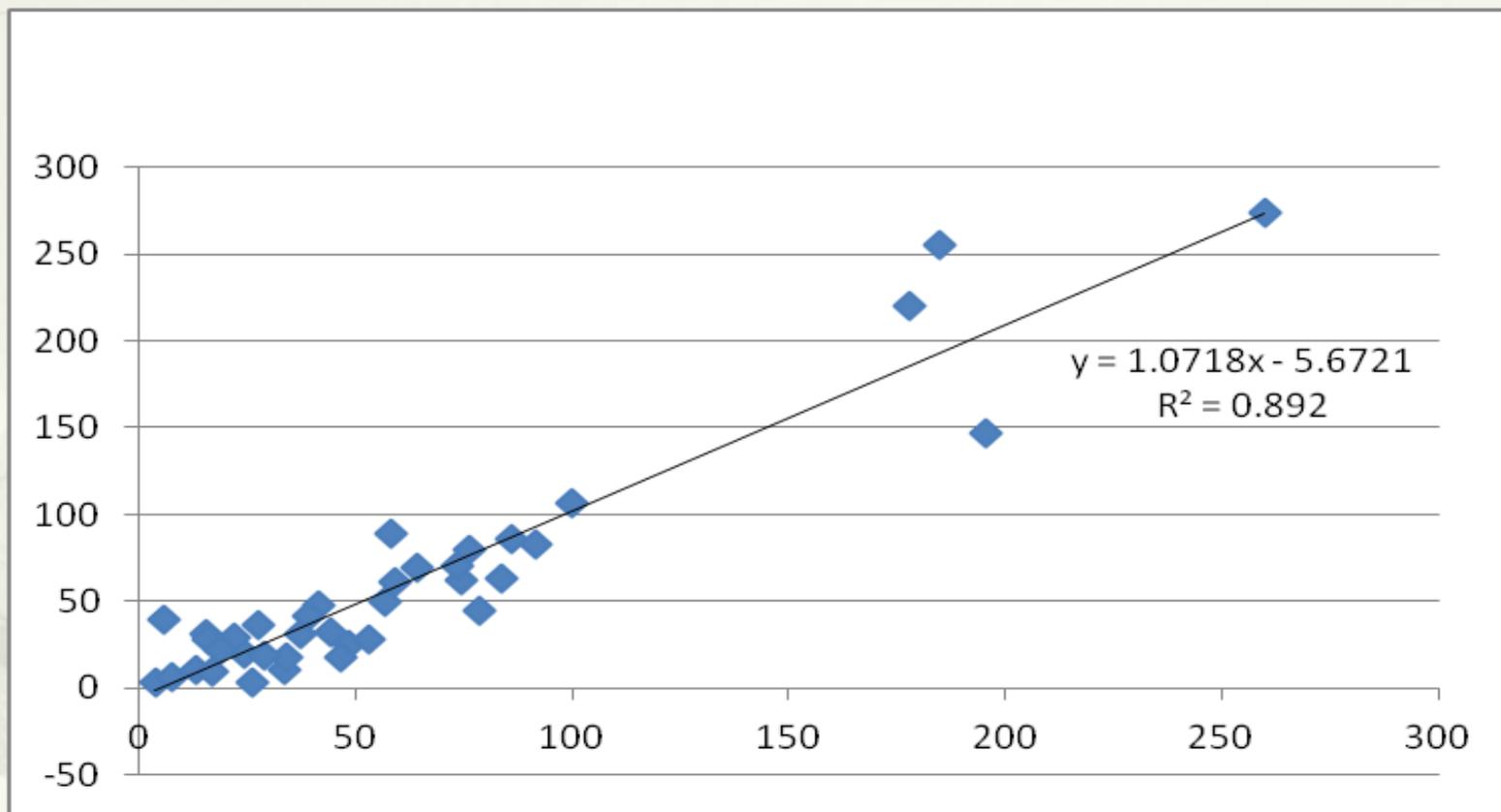


图1 AHI/ Himawari8合成图、强度图示例

AHI与MODIS监测蓝藻面积比较



* MODIS面积 = $1.0718 * \text{AHI面积} - 5.6721$

* $R^2 = 0.892$

时间 (UTC)	AHI	MODIS	时间 (UTC)	AHI	MODIS
20160514_0300	13.08	10.6	20160825_0440	56.96	50.2
20160516_0250	16.81	9.7	20160828_0300	21.85	29.1
20160519_0310	24.29	20.4	20160829_0230	64.19	69.7
20160525_0230	86.03	86.12	20160830_0320	100.13	106.9
20160530_0300	76.16	79.5	20160902_0520	78.56	44.9
20160604_0450	58.22	88.7	20160903_0430	5.68	39.4
20160613_0310	48.54	25.5	20160908_0450	74.52	62.1
20160626_0250	259.87	273.56	20160912_0250	27.46	36.4
20160629_0310	37.12	31.8	20160920_0510	184.68	254.8
20160712_0300	15.32	31.2	20160922_0330	177.95	220.7
20160731_0310	33.45	11.2	20160923_0230	16.17	27.8
20160806_0230	195.66	147.3	20160924_0310	44.05	32
20160807_0430	83.92	63.4	20160925_0530	46.4	17.6
20160811_0350	53.14	28.2	20160927_0520	73.41	70.1
20160813_0230	41.6	47.9	20161003_0310	91.61	83.2
20160814_0320	33.96	17.8	20161206_0310	3.77	3.3
20160815_0230	26.3	3.8	20161229_0410	7.54	7.1
20160818_0300	28.84	18.6	20161230_0420	18.67	21.77
20160824_0330	59.11	61	20161231_0300	39.03	42

AHI与MODIS监测蓝藻面积比较

- * 2016年5月14日起到12月31日，利用MODIS对巢湖蓝藻监测业务总计开展38次。AHI观测到的巢湖蓝藻日数远超MODIS，这是仪器观测频次所决定的。
- * MODIS观测：蓝藻面积超200Km²有3次，最大273.56Km²，发生在6月26日；面积小于10Km²有4次，最小3.3Km²，发生在12月6日。
- * AHI观测：蓝藻面积超200 Km²有1次，259.84Km²，发生在6月26日；面积小于10 Km²有3次，最小3.77 Km²，同样发生在12月6日。
- * AHI监测累计面积2324.05Km²，MODIS为2275.35Km²，基本相等，AHI略大。

强度等级划分

- * 在MODIS蓝藻监测中，按照覆盖度B%的数值将强度划分为轻度、中度和重度三个等级，划分标准分别为0.05、0.3、0.6、1
- * 按照此标准划分AHI的监测数据，轻度的蓝藻面积几乎全部为0，面积集中在中等强度内，重度面积也较少
- * 可见不同传感器之间产品算法、参数等不可能全部照搬。为延续MODIS既定的强度等级划分标准，尝试采用强度面积比例逆推法计算AHI的强度等级

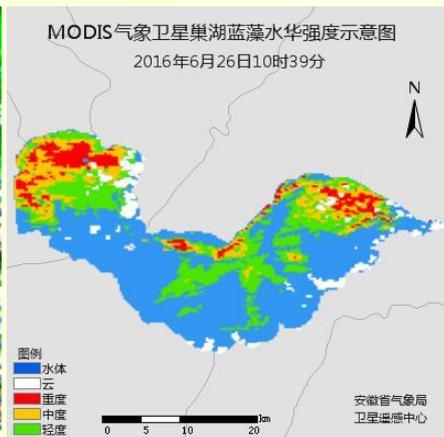
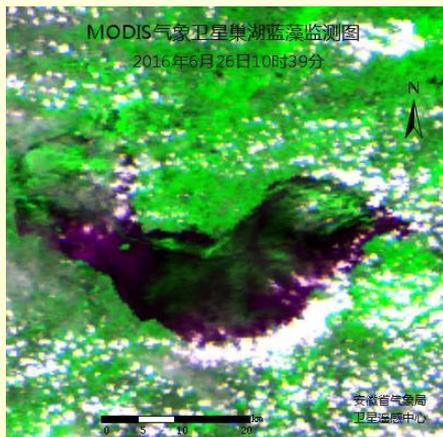
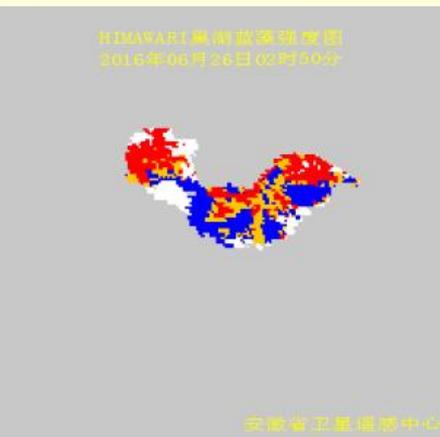
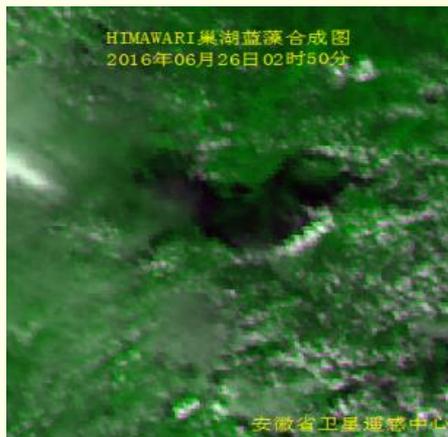
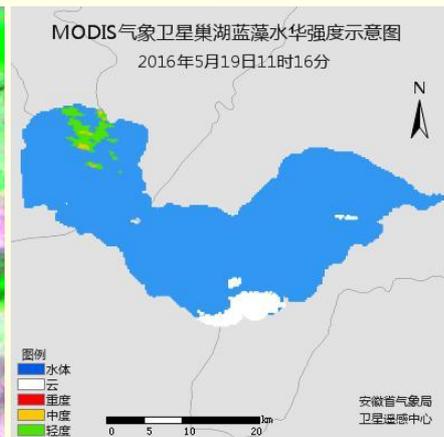
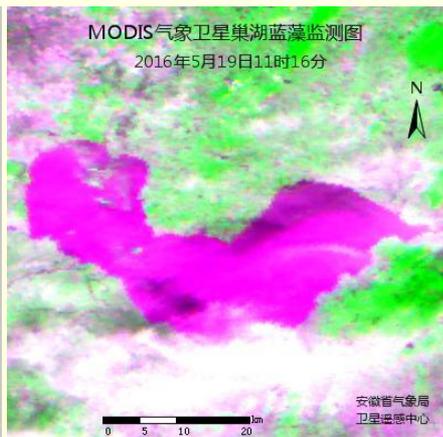
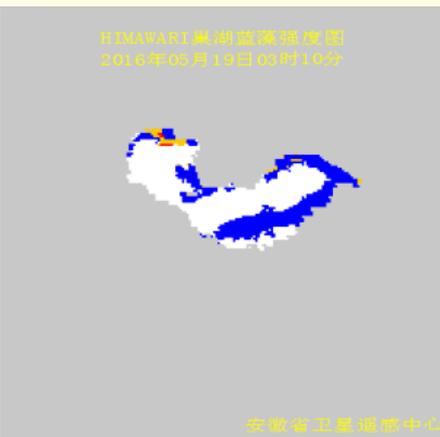
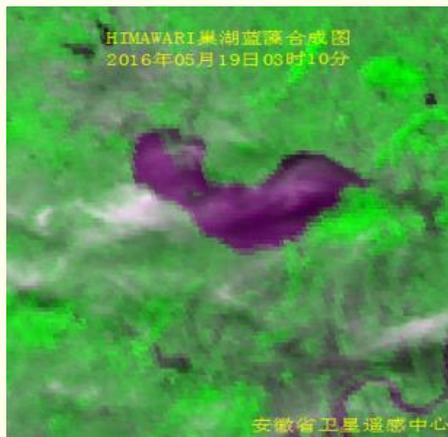
强度等级划分

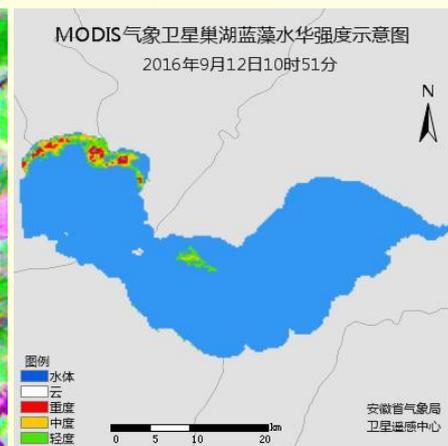
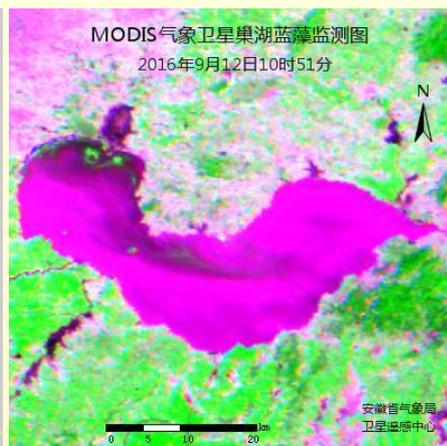
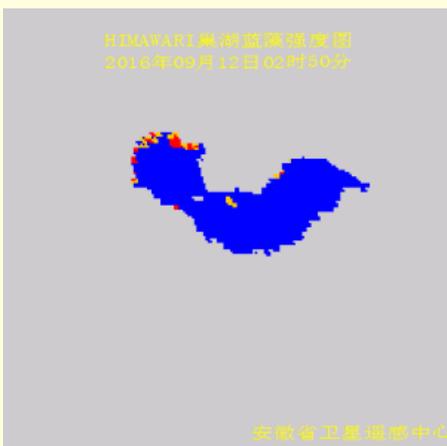
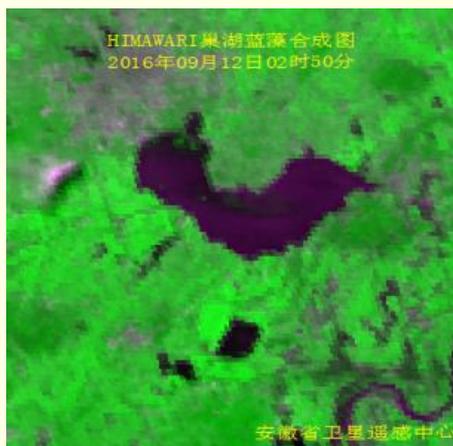
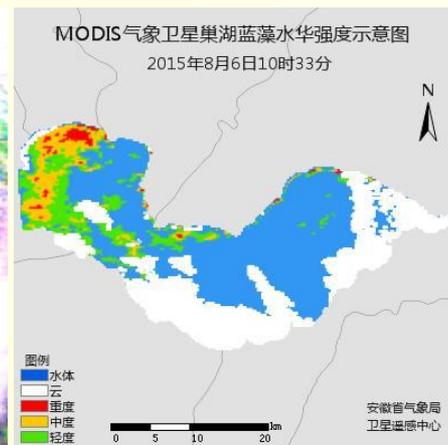
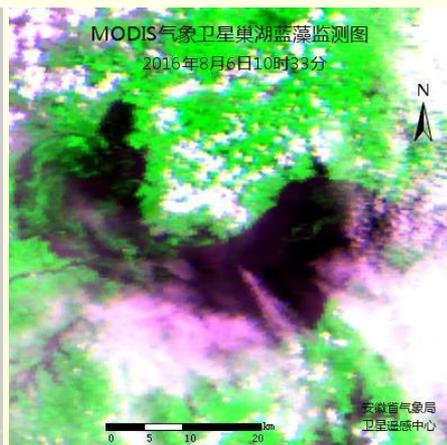
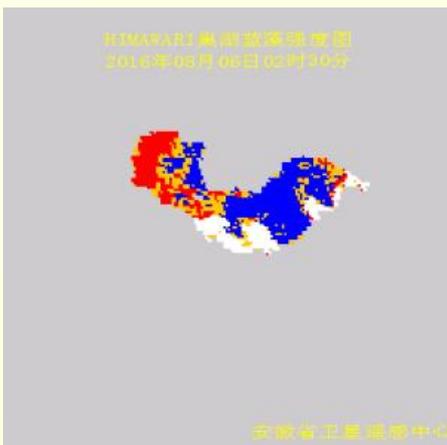
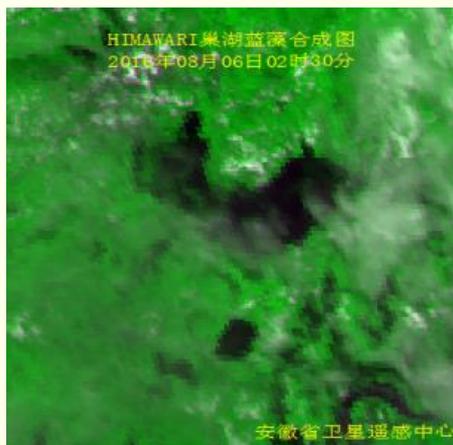
- * 将MODIS强度划分后的轻重中三个等级强度下的实际面积进行统计，得到各个等级面积占总蓝藻面积的比例（A1%、A2%、A3%）。
- * 再将AHI计算出的覆盖度（B%）按照0-1分为100个等级，将各个0.01等级下的面积先统计出来，再从0.00开始逐一累加，当所累加的蓝藻面积占总蓝藻面积的比例与A1%相当时，此时累加的最高等级即为AHI的轻度指标；
- * 继续累加至与A2%相当时，得到中度指标；
- * 剩余的最后的重度指标依旧为1.0。
- * 最后，平均各个时次的指标以求得AHI的巢湖蓝藻监测强度划分标准。

	轻度	中度	重度
MODIS	0.05-0.3	0.3-0.6	>0.6
AHI	0-0.65	0.65-0.84	>0.84

结论与讨论

- * AHI/Himawari8的出现，极大地提高了对巢湖的观测频次，填充了以往无法监测的时间空白，对巢湖蓝藻的日变化分析有着极大的帮助
- * 也改变了以往人机交互的计算方式，10分钟一次的频次，使得AHI的算法必须完全自动化，人工交互或干预已经变的无法插入
- * 这可能也是误差存在的一个主要原因，毕竟在许多具体区域的蓝藻判别上还存有模糊的地方，现阶段MODIS计算时加入了大量的人机交互和干预
- * 总之，AHI与MODIS两种传感器监测到的巢湖蓝藻面积总体上差异不大，但在个体时次上还存在有较大误差。原因是多样的，有传感器本身的差异导致的误差，也有人工干预与否产生的误差，以及水岸间混合像元在空间分辨率上的差异导致的误差等等。





到此结束

谢谢大家