

# NOAA/AVHRR 자료를 이용한 한반도 주변해역에서의 해수면온도 추출을 위한 지역적인 대기보정 알고리즘의 적용

## Regional optimization of an atmospheric correction algorithm for the retrieval of sea surface temperature from Korean Sea area using NOAA/AVHRR data

윤석<sup>1\*</sup>, 유주형<sup>1</sup>, 안유환<sup>1</sup>, 원중선<sup>2</sup>

Suk Yoon, Joo-Hyung Ryu, Yu-Hwan Ahn, Joong-Sun Won

한국해양연구원 해양위성연구단

경기도 안산시 상록구 해안로454

E-mail) [syoon@kordi.re.kr](mailto:syoon@kordi.re.kr)

연세대학교 지구시스템과학과<sup>2</sup>

### 요 약

한국해양연구원에서 수신한 자료인 NOAA 12, 16, 17, 18호등의 Advanced Very High Resolution Radiometer(AVHRR) 센서자료와 국립조사원에서 제공하는 해양실측자료인 정선 관측 자료를 이용하여 두 가지의 알고리즘 적용을 통하여 비교 및 분석을 해보고자 한다. 연구 기간은 2006년 1월부터 4월 자료 중 구름의 영향이 없는 영상에서 실측자료와 동일한 날짜 총 107개의 정점 값을 추출하였다. 위성 자료에서 해수면 온도 추출방법은 split window 방법으로, 고정계수 값을 사용하는 linear algorithm(MCSST), nonlinear algorithm(NLMCSST)을 이용하였다. 연구 지역은 동해, 황해, 남해 지역에 대한 지역별로 두 알고리즘을 비교 적용하였다. 전 해역의 값을 이용하여 위성자료와 실측자료를 비교 분석한 결과 linear algorithm방법의 평균 오차 값은 0.71°C이고 상관도는 1%이고, nonlinear 방법의 오차 값은 0.35°C 상관도는 1%로 나타났다. 해역별로는 linear한 알고리즘을 적용하여 동해는(ES)는 R=1, 오차 값은 0.37°C 황해(YS)는 R=0.99 오차 값은 0.125°C 남해(SS)는 R=0.99 오차 값은 1.2°C 보였다. nonlinear한 알고리즘을 적용하여 동해는(ES)는 R=1, 오차 값은 0.4°C 황해(YS)는 R=0.99 오차 값은 0.13°C 남해(SS)는 R=0.99 오차 값은 0.82°C의 결과를 보여 주었다. 동해와 황해지역은 linear한 알고리즘을 적용한 결과가 실측자료와의 오차 값이 작았고, 남해지역은 linear한 알고리즘을 적용한 결과보다 nonlinear 알고리즘을 적용한 것이 작은 오차 값을 보여주었다. 이는 남해 해역의 자료가 대기의 상태나 다른 영향을 받아 해수면온도 값이 추정된 것으로 보여 진다. 해역별로 최적화된 알고리즘을 적용하여 해수면온도의 산출을 통해서 위성자료의 정밀도 지구환경변화 모니터링 등 많은 연구에 위성자료의 활용이 증대될 것으로 기대한다

Key word : linear algorithm, nonlinear algorithm, split window, NOAA

## 1. 서론

NOAA 인공위성자료가 해수면온도 관측을 위한 자료로 많이 활용되고 있다. 따라서 해수면 변화 및 해수면온도 추출 방법의 정밀도를 높이기 위한 방법으로 다양한 연구가 수행되어졌다. 표류부이의 수온감지기로부터 관측된 수온관측 자료와 위성자료를 이용한 검보정 연구(국립수산진흥원, 2005), 주야간 상관성에 관한 연구(서영상 et al., 2001), 계절별 상관성 및 신뢰성 검증에 대한 연구가 이루어졌다(Alan et al., 2006; 윤홍주, 2006).

최근에는 좀 더 정확한 해수면온도를 추출하기 위하여, 대기의 상태를 고려한 알고리즘이나(Mathwe, 2001), 해역적 특성을 고려한 알고리즘의 적용연구가 수행되어지고 있다(Walton, 1998; Eugenio, 2005). 본 연구에서는 한국해양연구원 수신한 자료인 NOAA 12, 16, 17, 18호등의 Advanced Very High Resolution Radiometer(AVHRR) 센서자료를 이용하여 국립수산과학원에서 제공하는 해양실측자료인 정선관측 자료를 이용하여 해역별 알고리즘의 적용을 통한 검증 및 분석을 해보고자 한다.

대부분의 검보정 연구가 동해지역을 중심으로 연구되었으므로, 해역별 실측자료를 이용하여 알고리즘을 적용한다면 좀 더 정확한 해수면 온도 값을 추출할 것으로 기대한다.

## 2. 연구지역

연구지역은 Figure 1.에서처럼 동해지역은 107 -208 line 20개의 정점, 황해지역은 307-312 line 28개 정점, 남해는 204-208 58개의 자료를 사용하였다. 우리나라의 해역별 특성에 따른 최적화된 알고리즘을 적용하기 위하여 동해, 황해, 남해 지역에

대한 월별, 주야간, 위성 별로 비교하였다. 동해(ES)로 유입되는 대마 난류 수에 의한 영향을 받고, 우리나라, 일본열도, 시베리아 동부지역에 둘러싸여있고, 남으로는 대한해협, 북으로는 Soya 해협, Tatra 해협을 통해 북태평양에 연결되는 연해로 복잡하고 다양한 해류의 영향을 받는 해역이다. 황해(YS) 지역은 북쪽의 라오동반도와 산둥반도 사이에서 보하이해에 이어진다. 동중국해와의 경계는 일반적으로 제주도과 양쯔강 하구를 연결하는 선으로 보고 있다. 남해(SS)는 깊이가 얇은 해역이기 때문에 대기의 상태에 따른 영향을 받는다. 남해의 해역을 특성을 결정하는 중요한 사항은 Tsushima current의 영향을 주로 받는다.

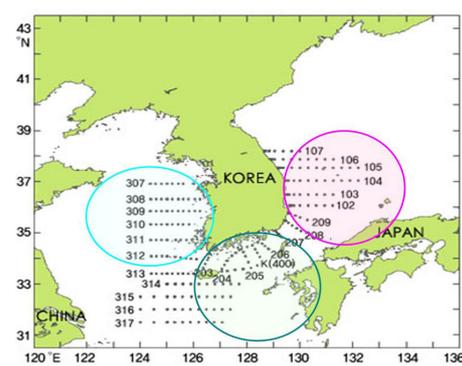


Figure 1. Study location for East Sea, Yellow Sea, South Sea.

## 3. 연구방법

연구방법은 한국해양연구원의 해양위성 연구단(KORDI-KOSC)에서 수신된 연구 기간은 2006년 1월부터 4월 자료 중 구름의 영향이 없는 영상에서 실측자료와 동일한 날짜 총 107개의 정점 값을 추출하였다. 위성자료는 매일 10회 이상 자료를 수신하기 때문에 자료획득이 용이하고 1.1km×1.1km의 공간해상도를 갖고, (AVHRR)의 밴드 4번(10.3 - 11.3 $\mu$ m)과 드 5번(11.55-12.5 $\mu$ m)을 이용하여 Multi

Channel Sea Surface Temperature (MCSST) 방법(McClain *et. al*, 1982), Nonlinear Multi Channel Sea Surface Temperature(NLMCSST)를 적용하여 Terascan3.3 SW로 산출한다.

위성자료 처리방법은 아래의 알고리즘을 이용하였다. Split window 알고리즘은 수식(1)과 같고, (Table 1.) 에서 위성별로 고정계수 값을 낮 과 밤의 계수 값을 적용하여 추출할 수 있다. MCSST 알고리즘에서는 채널 4번과 5번을 사용하였으며, SEC(sza)는 위성의 Zenith angle  $\theta$ 이다.

$$\begin{aligned} \text{Split window (MCSST)} = & A T_4 + B(T_4 - T_5) \\ & + C(T_4 - T_5)(SEC(sza) - 1) \\ & + D(SEC(sza) - 1) + E \end{aligned} \quad (1)$$

Nonlinear 알고리즘으로는 CPSST 방법이 있고, 연속적인 노이즈의 에러를 줄이는데 효과적이다.(Walton.1990). Nonlinear 알고리즘은 수식(2)과 같고, (Table 2.) 에서 위성별로 고정계수 값을 낮 과 밤의 계수 값을 적용하여 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Nonlinear split window (NLMCSST)} = & A T_4 \\ & + BMC(T_4 - T_5) + C(T_4 - T_5)(SEC(sza) - 1) \\ & + D(SEC(sza) - 1) + E \end{aligned} \quad (2)$$

Table 1. Fixed constant coefficients used in the linear MCSST method.

Satel.	Time	A	B	C	D	E(K)
n18	Day	1.02453	2.10044	0.784059	0.0	0.0
n18	Night	1.00841	2.23459	0.736946	0.0	0.0
n17	Day	0.992818	2.49916	0.915103	0.0	0.0
n17	Night	1.01015	2.58150	1.00054	0.0	0.0
n16	Day	0.999317	2.301950	0.628966	0.0	0.0
n16	Night	0.995050	2.536550	0.753291	0.0	0.0
n12	Day	0.963563	2.579211	0.242598	0.0	10.144
n12	Night	0.967077	2.384376	0.480788	0.0	9.210

Table 2.Fixed constant coefficient used in nonlinear MCSST algorithm.

Satel	Time	A	B	C	D	E(C)
-------	------	---	---	---	---	------

n-18	Day	0.934004	0.0724457	0.748044	0.0	1.81519
n-18	Night	0.939146	0.0750661	0.728430	0.0	1.46473
n-17	Day	0.936047	0.0838670	0.920848	0.0	1.73023805
n-17	Night	0.938875	0.0864265	0.979108	0.0	1.43070625
n-16	Day	0.914471	0.077612	0.668532	0.0	1.671754
n-16	Night	0.898887	0.083933	0.755283	0.0	1.524984
n-12	Day	0.876992	0.083132	0.349877	0.0	2.87336
n-12	Night	0.888706	0.081646	0.576136	0.0	2.52104

실측자료는 NFRDI의 자료를 이용하였고,해수표면의 수심 0m의 표층 값을 사용하였다. Figure 2는 실측자료의 위치영역이다. Figure 3.은 위성자료처리 순서이다. 실측 자료와 비교하기위한 위성 해수면온도 자료는 3x3 격자 평균값을 사용하였다. 2006년 1월부터 10월 자료 중 구름의 영향이 없는 깨끗한 영상 306개를 선별하였고, 위성자료와 실측자료는 동일날짜와 근접한 시간대의 자료를 사용하였다.

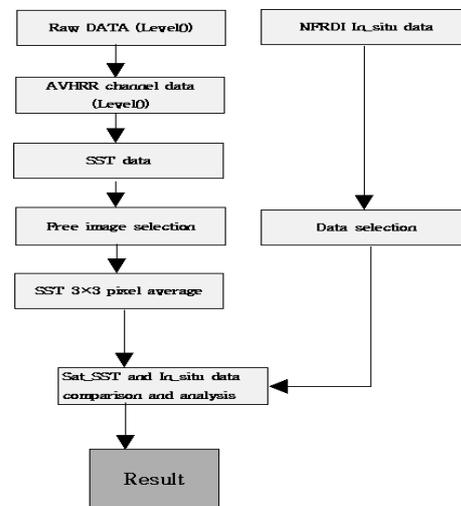


Figure 2. Data processing flow chart

### 3. 연구 결과 및 토의

해수면온도의 월별 변화 추이와 실측자료와 위성자료의 추출 값의 해역별 구분을 통한 오차분석 및 최적화된 알고리즘에 대한 검증 및 분석을 해 보고자 한다.

Table. 3의 결과처럼 위성자료와 실측자료를 비교분석한 결과 linear algorithm방법의 평균 오차 값은 0.71°C이고 상관도는 1%이고, nonlinear 방법의 오차 값은 0.35°C 상관도는 1%로 나타났다. 해역별로는 linear한 방법으로 동해는(ES)는 R=1, 오차 값은 0.37°C 황해(YS)는 R=0.99 오차 값은 0.125°C 남해(SS)는 R=0.99 오차 값은 1.2°C 보였다. nonlinear한 방법으로 동해는(ES)는 R=1, 오차 값은 0.4°C 황해(YS)는 R=0.99 오차 값은 0.13°C 남해(SS)는 R=0.99 오차 값은 0.82°C의 결과를 보여 주었다.

Table 3. Comparisons statics RMS and Correlation coefficient of Sat\_SST and In\_situ\_SST.

Sea	MCSST algorithm	NLMCSST algorithm
Korea all sea	R=0.99 stdv=3.36	R=0.99 stdv=3.35
East Sea	R=1 stdv=0.37	R=1 stdv=0.4
Yellow Sea	r=0.99 stdv=0,12	R=0.99 stdv=1.30
South Sea	R=0.99 stdv=1.2	R=0.99 stdv=0.82

(Figure 3.)은 전 해역에 대한 In\_situ data와 위성자료의 두 가지 알고리즘을 적용한 것으로 linear 알고리즘보다 nonlinear 알고리즘이 실측자료보다 좀더 큰 오차값을 보여준다.

(Figure 4.)은 동해지역의 In\_situ data와 위성자료의 두 가지 알고리즘을 적용한 것으로 linear 알고리즘보다 nonlinear 알고리즘이 실측자료보다 조금 높거나 조금 낮은 결과를 보여준다.

(Figure 5.)는 황해지역의 In\_situ data와 위

성자료의 두 가지 알고리즘을 적용한 것으로 linear 알고리즘이 실측치보다 조금 높은 값을 추정하고, nonlinear 알고리즘은 실측자료보다 조금 조금 낮은 결과를 추정한다.

(Figure 6.)는 남해지역은 In\_situ data와 위성자료의 두 가지 알고리즘을 적용한 것으로 linear 알고리즘이 nonlinear 알고리즘의 실측자료보다 과 추정되는 값들이 더 많이 나타난다. linear한 알고리즘을 적용 하였을때 많은 오차 값이 커지는 결과를 보여 나태 냈다. 이는 대기의 상태나 다른 요인에 많은 영향을 받는 것으로 보여 진다. (박경애, 1996)는 동해의 날씨가 건조한 봄에는 낮게 나타나고, 습한 여름에는 높게 추정되는 결과를 보였고, (Eugenio, 2005)에도 대기나 기후에 따른 해수면도가 영향을 받는 결과를 보였다. 현재는 4개월간의 자료를 비교 분석한 것이므로 다년간의 비교분석하여 계절적 변화 및 해역의 대기특성이나 해역의 특성을 고려하여 해수면온도 추정 값의 정밀도를 높임으로써 지구환경변화 모니터링 등 많은 연구에 위성자료의 사용 및 활용이 증대될 것으로 기대한다.

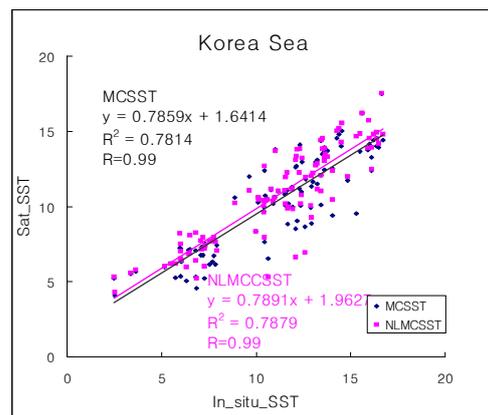


Figure 3. Comparison In\_situ\_SST and Sat\_SST in East Sea.

## 참고 문헌

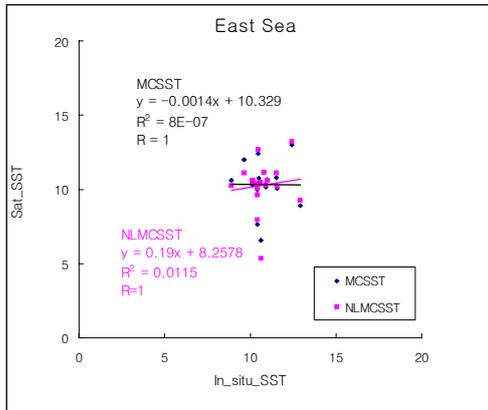


Figure 4. Comparison In\_situ\_SST and Sat\_SST in East Sea.

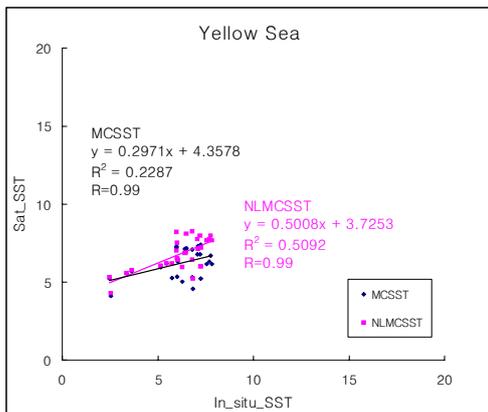


Figure 5. Comparison In\_situ\_SST and Sat\_SST in Yellow Sea.

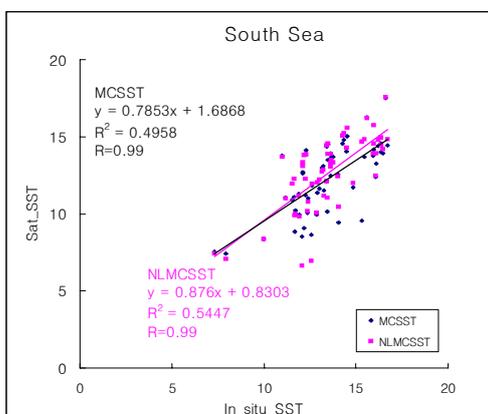


Figure 6. Comparison In\_situ\_SST and Sat\_SST in South Sea.

박경애, 1996. Spatial and Temporal Variability of Sea surface temperature and Sea Level Anomaly in the East Sea using Satellite Data(NOAA/AVHRR, Topex), 박사학위 논문.

McClain, E. P., Pichel, W. G., & Walton, C. C, 1985. Comparative performance of AVHRR based multichannel sea surface temperatures, *Journal of Geophysical Research*, 90: 11587-11601.

Luis, A. J., Kawamura, H, 2003. Seasonal SST patterns along the West India shelf inferred from AVHRR, *Remote Sensing of Environment*, 86: 206-215

Walton, C. C, 1988. Nonlinear multichannel algorithms for estimating sea surface temperature with AVHRR satellite data, *Journal of Applied Meteorology*, 27: 115-124

Kang, Y. Q,2003. Seasonal Cycle of Sea Surface Temperature in the East Sea and its Dependence on Wind and Sea Ice, *proceedings ACRS 2003 ISRS 2: 1074-1076*

Steyn, M. L., D. A. Steyn-Ross, and A. Jelenak, 1999. Comparison of atmospheric correction algorithms for deriving sea surface temperature from AVHRR *International Journal of Remote Sensing* 20(18):3515-3531.

Eugenio, F., J. Marcello, A. Hernandez-Guerra, and E. Rovaris,

2005. Regional optimization of an atmospheric correction algorithm for the retrieval of sea surface temperature from the Canary Islands-Azores-Gibraltar area using NOAA/AVHRR data, International Journal of Remote Sensing 26(9):1799-1814.

Australia) derived from satellite data, International Journal of Remote Sensing 27(20): 2503-2518.

Pellegrini, P. F., M. Bucci and M. Innocenti, 2006. Monthly averages of sea surface temperature, International Journal of Remote Sensing 27(12): 2519-2539.

Bernstein, R.L. 1982. Sea Surface temperature estimation using the NOAA-6 advanced very high resolution radiometer, Journal of Geophysical Research 97: 9455-9465.

Alan, P., F. Fabinenne and H. Glenn, 2006. Nearshore sea temperature variability off Rottneest Island(Western Astralia) derived from satellite data, International Journal of Remote Sensing 27(20): 2503-2518.

Pellegrini, P. F., M. Bucci and M. Innocenti, 2006. Monthly averages of sea surface temperature, International Journal of Remote Sensing 27(12): 2519-2539.

Islands-Azores-Gibraltar area using NOAA/AVHRR data, International Journal of Remote Sensing 26(9):1799-1814.

Bernstein, R.L. 1982. Sea Surface temperature estimation using the NOAA-6 advanced very high resolution radiometer, Journal of Geophysical Research 97: 9455-9465.

Alan, P., F. Fabinenne and H. Glenn, 2006. Nearshore sea temperature variability off Rottneest Island(Western