

Landsat 8 위성영상과 AWS 데이터를 이용한 서울특별시의 지표면 온도 분포 분석

이종신¹, 오명관^{2*}

¹충남대학교 건설공학교육과, ²해전대학교 전기전자서비스과

Distribution Analysis of Land Surface Temperature about Seoul Using Landsat 8 Satellite Images and AWS Data

Jong-Sin Lee¹, Myoung-Kwan Oh^{2*}

¹Dept. of Construction Engineering Education, Chungnam National University

²Dept. of Electrical & Electronics Service, Hyejeon College

요 약 최근 지구온난화로 인한 기상이변, 도시화로 인한 도심의 열섬현상 등으로 도시 온도변화 및 지표면 온도 변화에 대한 관심이 증대되고 있다. 우리나라에서는 1904년부터 현재까지 기온, 강수량 등 기상 데이터를 수집하고 있다. 최근에는 종관기상관측장비(ASOS; Automated Surface Observing System) 96개소, 방재기상관측장비(AWS) 494개소의 지상기상관측망을 운영하고 있다. 그러나 지상관측망의 경우 각 설치 지점에 대한 점 데이터를 제공하고 있으므로, 측정 지점을 제외한 곳의 지상기상 데이터는 보간법을 통해 예측하고 있는 상황이다. 이에 본 연구에서는 지상의 지표면 온도 측정의 해상도를 향상시키기 위해 위성영상을 이용한 지표면 온도를 산출하고, 그 활용 가능성을 분석하고자 하였다. 이를 위해 서울특별시를 대상으로 Landsat 8 OLI TIRS의 위성영상을 계절별로 획득하고, 열적외 밴드에 NASA식을 적용하여 지표면 온도로 변환하였다. 지상의 측정 자료는 AWS를 통해 측정된 기온 데이터를 활용하였다. AWS 기온 데이터는 관측소 기반의 점 데이터이므로, Landsat 영상과의 비교를 위해 크리깅 보간법으로 보간을 수행하였다. 위성영상기반의 지표면 온도와 AWS 기온 데이터를 비교한 결과 계절에 따른 온도차는 RMSE값을 바탕으로 가을, 겨울, 여름, 봄의 순서로 Landsat 위성영상의 적용 가능성을 판단할 수 있었으며, 위성영상의 시기별 평균온도와 AWS 온도 사이에는 최대 평균 2.11℃ 이내, 최대 RMSE ±3.84℃인 것을 감안하면 정확도 향상을 위해 NASA식에 보정값이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

Abstract Recently, interest in urban temperature change and ground surface temperature change has been increasing due to weather phenomenon due to global warming, heat island phenomenon caused by urbanization in urban areas. In Korea, weather data such as temperature and precipitation have been collected since 1904. In recent years, there are 96 ASOS stations and 494 AWS weather observation stations. However, in the case of terrestrial networks, terrestrial meteorological data except measurement points are predicted through interpolation because they provide point data for each installation point. In this study, to improve the resolution of ground surface temperature measurement, the surface temperature using satellite image was calculated and its applicability was analyzed. For this purpose, the satellite images of Landsat 8 OLI TIRS were obtained for Seoul Metropolitan City by seasons and transformed to surface temperature by applying NASA equation to the thermal bands. The ground measurement data was based on the temperature data measured by AWS. Since the AWS temperature data is station based point data, interpolation is performed by Kriging interpolation method for comparison with Landsat image. As a result of comparing the satellite image base surface temperature with the AWS temperature data, the temperature difference according to the season was calculated as fall, winter, summer, based on the RMSE value, Spring, in order of applicability of Landsat satellite image. The use of that attribute and AWS support starts at 2.11℃ and RMSE ±3.84℃, which reflects information from the extended NASA.

Keywords : Land surface temperature, Landsat 8, Ground measurement data, AWS, Temperature

*Corresponding Author : Myoung-Kwan Oh(Hyejeon College)

Tel: +82-41-630-5153 email: mkoh@hj.ac.kr

Received October 29, 2018

Revised December 31, 2018

Accepted January 4, 2019

Published January 31, 2019

1. 서론

최근 전 세계적인 지구온난화와 도시 열섬현상으로 인해 도시 내부의 기온이 지속적으로 상승하고 있는 추세이다. 도시 열섬현상이 발생하는 주요 원인으로는 도시화로 인한 지표면 개발이며, 에너지 사용으로 발생한 열이 두 번째 원인에 해당된다. 인구 밀집도가 높아지면서 더 넓은 면적의 토지를 개발하게 되고 이로 인해 평균 온도도 상승하게 된다[1].

우리나라의 근대 기상관측이 시작된 1904년부터 현대에 이르기까지 대부분의 기상 자료는 관측소별 지점 자료에 해당되며, 측정 불가능한 지역의 경우, 보간법을 활용하여 해당지역의 자료를 추정해왔다. 일반적으로 보간 기법은 관측 지점이 많고, 지점별 데이터가 많을수록 추정 자료의 신뢰도가 높아지기 때문에 현재 우리나라에서는 기상관측소 외에도 무인자동 기상관측장비(AWS; Automatic Weather System, 이하 AWS)를 운용하고 있다[2].

Landsat뿐만 아니라 위성영상을 이용하여 지표면 온도를 분석한 연구는 최근에도 많이 진행되고 있다. Rozenstein 등은 스피릿 윈도우 알고리즘을 Landsat 8 TIRS 영상에 적용하여 지표면 온도를 산출하였으며[3], 지준범 등은 Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8 위성영상을 이용하여 수도권 지역의 가을철 지표면 특성을 분석하였다[4]. 신후석 등은 AWS의 지상온도 자료를 바탕으로 MODIS 영상의 지표면 온도자료, DEM 등의 보조 자료를 지구통계 기법들을 이용하여 우리나라의 지상기온 추정연구를 수행하였다[5]. 임종서 등은 AWS 관측 지점을 대상으로 기온 관측값과 Landsat 8 OLI TIRS 영상 자료로부터 산출한 지표 복사율 간의 비에 공간 보간법을 적용할 때 DEM까지 활용하여 도시 기온을 추정하는 연구를 수행하였다[2].

이와 같이 Landsat 위성영상을 이용한 지표면 온도 산출과 관련된 연구에도 불구하고, 최신의 Landsat 8 OLI TIRS 위성영상과 AWS 기온데이터를 계절별로 비교하여 분석한 연구는 부족한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 서울특별시를 대상으로 AWS 데이터의 보간 결과와 Landsat 8 OLI TIRS 위성영상의 지표면 온도 결과를 비교하여 AWS 관측소 이외 지역에서 Landsat 8 OLI TIRS의 활용 가능성을 분석한다.

2. Landsat 위성영상 데이터 처리

본 연구에서는 Landsat 8 OLI TIRS 위성영상과 AWS 데이터를 이용하여 서울특별시의 지표면 온도 분포를 분석하였다. Fig. 1은 본 연구의 대상지인 서울특별시를 나타낸다.

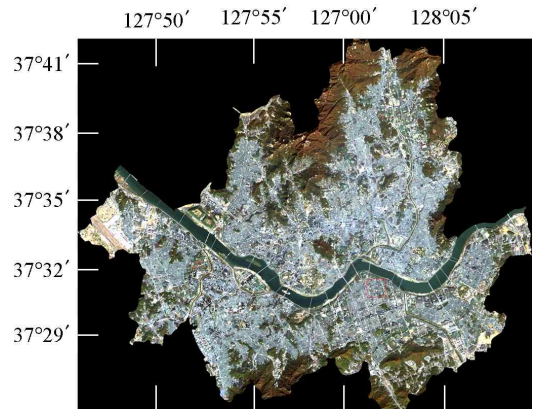


Fig. 1. Study area

우리나라의 계절적 특성을 감안하여 대상 시기는 각 계절별 1시기씩 총 4개시기에 해당하는 Landsat 8 OLI TIRS 위성영상을 획득하였다. 이후, Landsat 8 OLI TIRS 센서의 열적외 밴드를 이용하여 지표면 온도를 산출하였다. 영상 중 열적외 밴드들을 통해 나타나는 영상의 밝기는 해당 파장대에서의 에너지 세기를 표현하며, 지표면 온도를 미리 정해진 관계식에 따라 이산화 하여 반영하고 있다[6-10]. 영상의 밝기값을 지표면 온도로 계산할 수 있는 모델로는 NASA 모델, RESTEC(Remote Sensing Technology Center of Japan) 방법, Quadratic 방법 등이 있으며, 본 연구에서는 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 NASA 모델을 활용하였다[7,10-12].

Table 1은 본 연구에서 사용한 Landsat 8 위성영상의 기본정보를 나타내며, Fig. 2부터 Fig. 5까지는 각 시기별 지표면 온도의 처리 결과를 나타낸다.

Table 1. Information of satellite images

Date	Time	Season	Cloud cover(%)
2017.08.26.	11:11	Summer	11.71
2018.02.02.	11:11	Winter	6.06
2018.05.25.	11:10	Spring	20.67
2018.11.01.	11:11	Fall	0.14

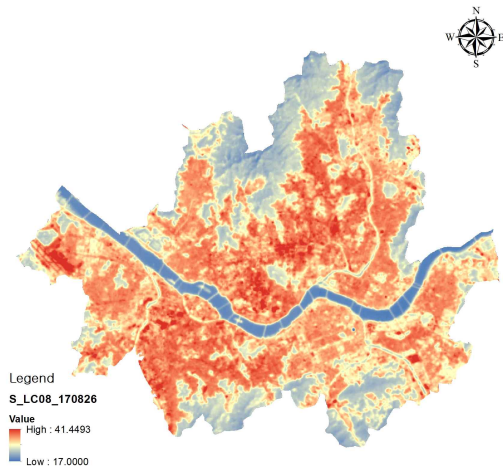


Fig. 2. Results of land surface (2017.08.26)

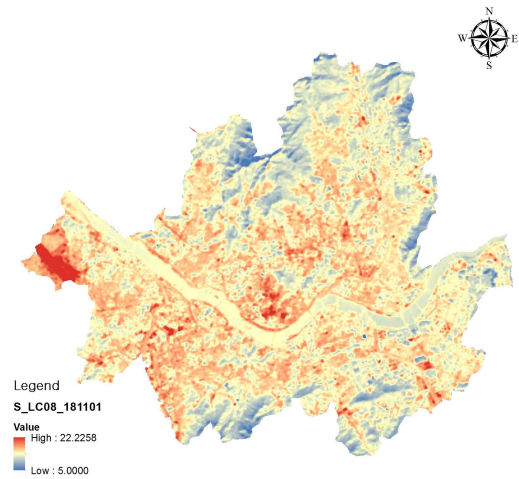


Fig. 5. Results of land surface (2018.11.01)

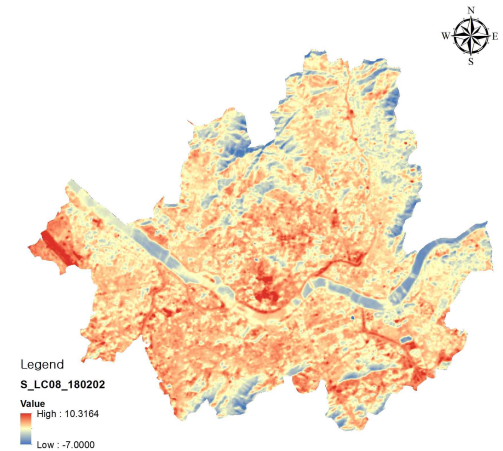


Fig. 3. Results of land surface (2018.02.02)

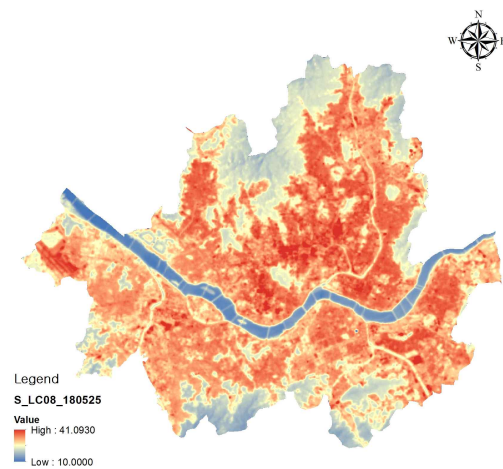


Fig. 4. Results of land surface (2018.05.25)

위의 그림에서 보는 바와 같이 모든 시기에 걸쳐 용산구는 타 지역에 비해 지표온도가 높은 것을 알 수 있다.

3. AWS 데이터 처리

Landsat 8 OLI TIRS의 열적외선 영상을 통해 산출한 지표온도와 비교하기 위해 기상청에서 제공하는 서울특별시 내부 AWS 관측 자료를 활용하였다. 각 지점별 위치(위도, 경도)를 바탕으로 Arc GIS 프로그램을 이용하여 지점별 온도를 삽입하였다. 또한 Landsat 위성영상의 결과값과 비교하기 위해 크리깅기법을 활용하여 보간작업을 수행하였다. Table 2는 본 연구에서 활용한 서울특별시 내부의 AWS 관측소 정보를 나타내며, Fig. 6부터 Fig. 9는 AWS 관측소 데이터를 크리깅 기법으로 보간한 결과를 나타낸다.

Table 2. Information of AWS stations

Station No.	Station Name	Latitude (°)	Longitude (°)
400	Gangnam	37.5134	127.04671
401	Seocho	37.48462	127.02601
402	Gandong	37.55552	127.14498
403	Songpa	37.51151	127.0967
404	Gangseo	37.5739	126.82953
405	Yangcheon	37.52961	126.8782
406	Dobong	37.59946	127.02947
407	Nowon	37.62101	127.09683
408	Dongdaemun	37.58463	127.06036
409	Jungnang	37.58551	127.08682

410	Meteorological Administration	37.49371	126.91809
411	Mapo	37.55165	126.92915
412	Seodaemun	37.57047	126.94078
413	Gwangjin	37.5338	127.08566
414	Seongbuk	37.61172	126.99944
415	Yongsan	37.52038	126.97611
416	Eunpyeong	37.64639	126.94338
417	Geumcheon	37.46551	126.90016
418	Han River	37.5249	126.93906
419	Junggu	37.55237	126.98736
421	Seongdong	37.54721	127.03885
422	Mt.Bugak	37.60344	126.98437
423	Guro	37.494	126.827
424	Gangbuk	37.63972	127.02576
425	Namhyeon	37.46336	126.9855
509	Gwanak	37.45284	126.95015
510	Yeongdeungpo	37.52706	126.90705

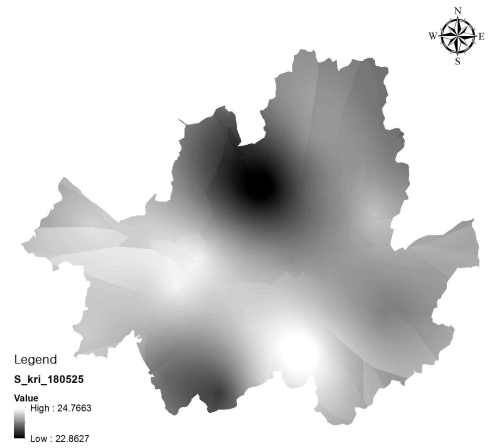


Fig. 8. Interpolated results of AWS (2018.05.25)

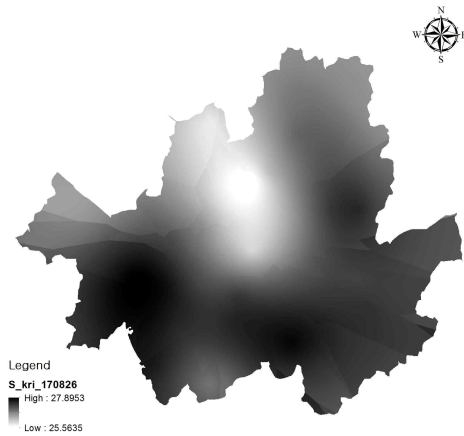


Fig. 6. Interpolated results of AWS (2017.08.26)

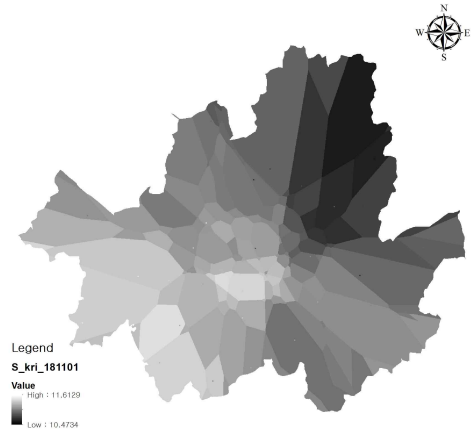


Fig. 9. Interpolated results of AWS (2018.11.01)

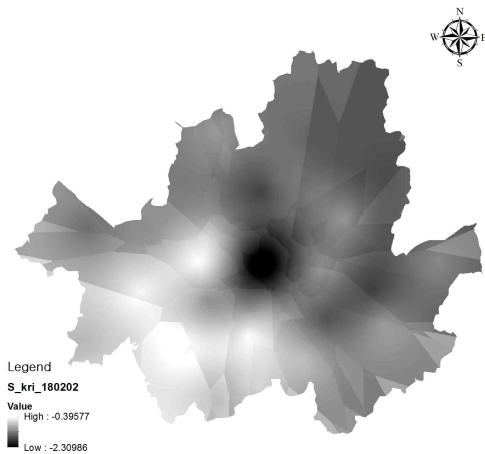


Fig. 7. Interpolated results of AWS (2018.02.02)

4. 위성영상과 AWS의 온도 비교 분석

Landsat 8 OLI TIRS 위성영상에서 산출한 지표면 온도와 AWS의 관측 온도의 크리깅 결과를 맵 매칭 후 계산하였다. Landsat 8 OLI TIRS 지표면 온도에서 AWS의 크리깅 결과를 빼서 계산하였다. Fig. 10부터 Fig. 13은 계절별 두 온도 사이의 차이값을 나타낸다.

그림에서 보는 바와 같이 모든 시기에 걸쳐 도심지에서는 위성영상에 계산 지표면 온도가 AWS 크리깅 결과보다 높게(+값) 나타나는 것을 알 수 있다. 반대로, 산림과 수계지역에서는 지표면 온도가 AWS 결과보다 낮게(-값) 나타나는 것을 알 수 있다.

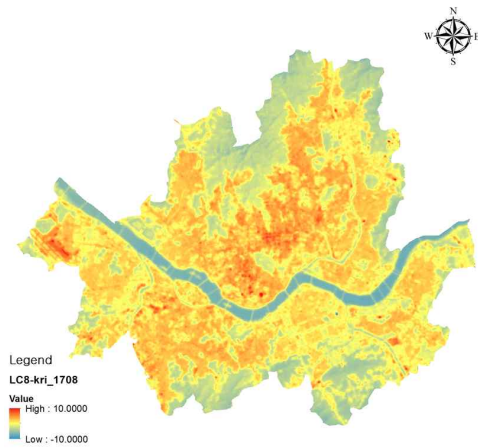


Fig. 10. Temperature difference (2017.08.26)

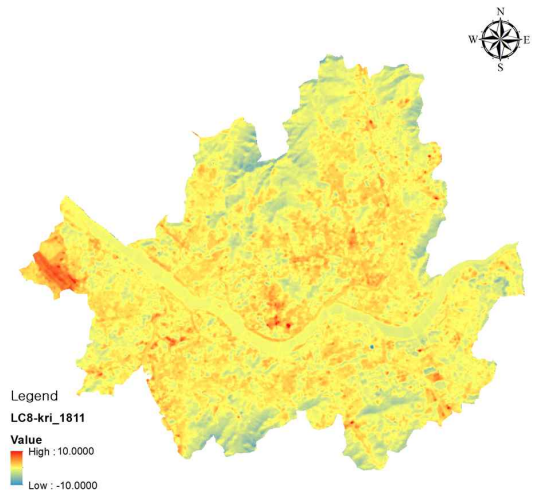


Fig. 13. Temperature difference (2018.11.01)

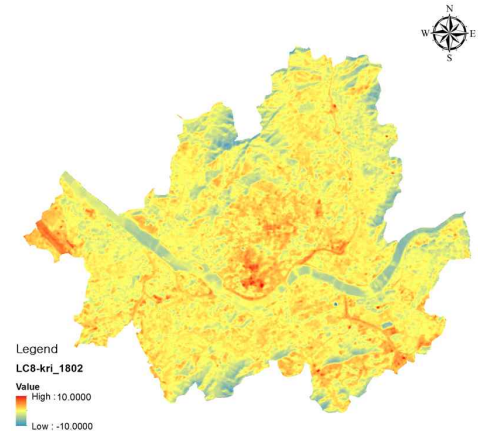


Fig. 11. Temperature difference (2018.02.02)

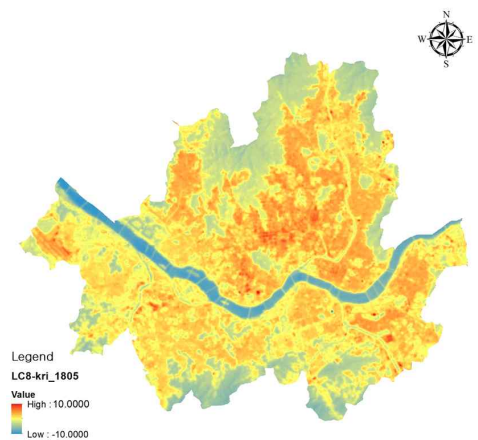


Fig. 12. Temperature difference (2018.05.25)

Fig. 10에서 보는 바와 같이, 2017년 8월 26일(여름)의 경우 온도차의 평균값은 0.73°C , 최대값은 10.28°C , 최소값은 -7.72°C , RMSE는 $\pm 3.27^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. Fig. 11을 바탕으로 2018년 2월 2일(겨울)의 경우 온도차의 평균값은 1.09°C , 최대값은 6.68°C , 최소값은 -4.87°C , RMSE는 $\pm 1.53^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. Fig. 12는 2018년 5월 25일(봄)의 온도차이로 평균값은 2.11°C , 최대값은 9.74°C , 최소값은 -9.33°C , RMSE는 $\pm 3.84^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. Fig. 13의 경우 2018년 11월 1일(가을)의 온도차이로 평균값은 1.10°C , 최대값은 9.82°C , 최소값은 -4.47°C , RMSE는 $\pm 1.41^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 AWS 관측소 이외 지역에서 Landsat 8 OLI TIRS의 활용 가능성을 제시하기 위해 서울특별시를 대상으로 AWS 관측 데이터와 Landsat 8 OLI TIRS 지표면 온도를 비교 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 4시기 모두 도심지의 경우 Landsat의 지표면 온도가 AWS 온도보다 높고, 산림과 수계지역에서는 반대로 AWS 온도가 더 높게 산출되는 것을 알 수 있었다.

둘째, 계절에 따른 온도차의 RMSE값을 바탕으로 가을($\pm 1.41^{\circ}\text{C}$), 겨울($\pm 1.53^{\circ}\text{C}$), 여름($\pm 3.27^{\circ}\text{C}$), 봄

($\pm 3.84^\circ\text{C}$)의 순서로 Landsat 위성영상의 지표면 온도값의 적용 가능성을 판단할 수 있었다.

셋째, Landsat 위성영상의 시기별 평균온도와 AWS 온도가 최대 평균 2.11°C 이내, 최대 RMSE $\pm 3.84^\circ\text{C}$ 인 것을 감안하면 정확도 향상을 위해 NASA식에 보정값이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

향후, 본 연구결과를 바탕으로 더 많은 시기의 위성영상과 AWS 데이터를 활용하여 NASA식의 보정값 산정 연구를 진행할 예정이다.

References

- [1] Wikimedia, Wikipedia [Internet]. Urban Heat Island [cited 2018 December 20], Available From: https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%8F%84%EC%8B%9C_%EC%97%B4%EC%84%AC (accessed December 20, 2018)
- [2] J. Yim, G. Lee, "Estimating Urban Temperature by Combining Remote Sensing Data and Terrain Based Spatial Interpolation Method", *Journal of the Korean Cartographic Association*, Vol.17, No.2, pp.75-88, 2017. DOI: <https://doi.org/10.16879/jkca.2017.17.2.075>
- [3] O. Rozenstein, Z. Qin, Y. Derimian, A. Karnieli, "Derivation of Land Surface Temperature for Landsat-8 TIRS Using a Split Window Algorithm", *Sensors*, Vol.14, No.4, pp.5768-5780. DOI: <https://doi.org/10.3390/s140405768>
- [4] J. B. Jee, Y. J. Choi, "Conjugation of Landsat Data for Analysis of the Land Surface Properties in Capital Area", *Journal of Korean Earth Science Society*, Vol.35, No.1, pp.54-68, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5467/JKES.2014.35.1.54>
- [5] H. S. Shin, E. Chang, S. Hong, "Estimation of Near Surface Air Temperature Using MODIS Land Surface Temperature Data and Geostatistics", *Journal of Korea Spatial Information Society*, Vol.22, No.1, pp.55-63, 2014. DOI: <https://doi.org/10.12672/ksis.2014.22.1.055>
- [6] J. M. Kang, M. S. Ka, S. S. Lee, J. K. Park, "Detection of Heat Change in Urban Center Using Landsat Imagery", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.28, No.2, pp.197-206, 2010.
- [7] H. K. Lee, J. S. Lee, "Computation of Surface Sea Temperature around the Fukushima to Grasp the Effect of Nuclear Power Plant Accident in Japan", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol.6, No.8, pp.585-592, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14257/AJMAHS.2016.08.58>
- [8] USGS, "Landsat 8 (L8) Data Users Handbook Ver 2.0.", USA, pp.55-61, 2016.
- [9] U. S. Department of Interior, U. S. Geological Survey [Internet]. Conversion to TOA Reflectance [cited 2018 December 15], Available From: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product> (accessed December 15, 2018)
- [10] J. K. Park, J. S. Lee, "Analysis of Abnormal High Temperature Phenomena in Cixi-si of China using Landsat Satellite Images", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.18, No.8, pp.34-40, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.8.34>
- [11] H. C. Yun, K. Y. Jung, J. S. Lee, "Monitoring of Temperature Change about Cheonji about for Bio Ecology Environmental Management", *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*, Vol.5, No.4, pp.81-90, 2013.
- [12] D. C. Reuter, C. M. Richardson, F. A. Pellerano, J. R. Irons, R. G. Allan, M. Anderson, M. D. Jhabvala, A. W. Lunsford, M. Montanaro, R. L. Smith, Z. Tesfaye K. J. Thome, "The Thermal Infrared Sensor (TIRS) on Landsat 8 : Design Overview and Pre-Launch Characterization", *Remote Sensing*, Vol.7, No.1, pp.1135-1153, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs70101135>

이 중 신(Jong-Sin Lee)

[정회원]



- 2008년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2010년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2018년 8월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 충남대학교 건설공학교육과 초빙교수

<관심분야>

지형공간정보공학

오 명 관(Myoung-Kwan Oh)

[중신회원]



- 1993년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2002년 8월 : 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1993년 9월 ~ 1999년 2월 : 고려정보테크(주) 정보통신연구소 연구원
- 1999년 3월 ~ 현재 : 혜진대학교 전기전자서비스과 부교수

<관심분야>

영상처리, IT 서비스