

Landsat 위성영상을 이용한 중국 츠시시의 이상 고온 현상 분석

박준규¹, 이종신^{2*}

¹서일대학교 토목공학과, ²충남대학교 건설공학교육과

Analysis of Abnormal High Temperature Phenomena in Cixi-si of China using Landsat Satellite Images

Joon-Kyu Park¹, Jong-Sin Lee^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of Construction Engineering Education, Chungnam National University

요약 최근 전세계적으로 지구 온난화로 인한 이상 기후 현상이 발생되고 있다. 미국 북동부 지역의 한파, 중국 베이징, 인도 남부, 파키스탄의 폭염, 칠레, 카자흐스탄, 베트남의 홍수 등 세계 각지에서 이상 기후가 발생되고, 피해도 속출하고 있다. 특히, 중국의 경우 2013년 이후 매년 남부지역을 중심으로 전국적인 폭염이 지속되고 있다. 이에 본 연구에서는 이러한 이상 고온 현상의 특성을 분석하기 위해 중국 츠시시의 4시기 Landsat 8 OLI TIRS 센서 영상을 활용하였다. 위성영상의 10개 밴드를 활용하여 토지피복 분류를 수행하고, 10번 열밴드를 이용하여 지표면 온도를 추출하였다. 4시기의 토지피복 분류 결과를 통해 시계열적인 변화 추이를 정량적으로 파악할 수 있었으며, 지표 온도 산출 결과를 통해 각 시기의 평균 온도뿐만 아니라 각 항목별 평균온도까지 확인할 수 있었다. 특히, 항목별 평균온도 산출 결과를 통해 동일 시기에서는 건물, 나지, 산림, 농경지, 수계, 갯벌의 순서로 온도가 높게 나타나는 것뿐만 아니라, 대상지 전체의 평균온도에 비해 건물, 나지, 산림, 농경지 지역의 온도는 높고 수계와 갯벌 지역은 온도가 낮게 나타나는 것을 확인 가능하였다.

Abstract In recent years, global warming has caused abnormal weather phenomena. Unusually cold climates have occurred all around the world, including cold waves in the Northeastern United States, Beijing, China, Southern India, and Pakistan, as well as floods in Chile, Kazakhstan, and Vietnam. China has been experiencing a nationwide heat wave annually since the year 2013, especially in the southern region. In this study, we used Landsat 8 OLI TIRS sensor images from four periods to analyze the characteristics of abnormal high temperature phenomena in Cixi-si, China. Land cover classification was performed using 10 bands of satellite imagery, and the surface temperature was extracted using the 10th thermal band. The results of the land cover classification of the fourth period show the changes of the time series quantitatively. The results of the surface temperature calculation provided both the average overall temperature and the average temperature of individual items. The temperature was found to be highest for buildings, followed by grassland, forest, agricultural land, water systems, and tidal flats in the same period.

Keywords : Abnormal Temperature Phenomena, Cixi-si, Image Classification, Landsat 8 OLI TIRS, Satellite Image

1. 서론

지구 온난화는 19세기 후반부터 시작된 해수면과 지

표 부근 공기의 기온 상승을 의미한다[1]. 20세기 초부터 발생한 온난화로 인해 지구 표면의 평균온도는 1980년에 비해 약 0.8℃ 상승하였다[2]. 온난화는 전 지구적

본 논문은 2017년도 서일대학교 학술연구비에 의해 연구되었음.

*Corresponding Author : Jong-Sin Lee(Chungnam National University)

Tel: +82-42-821-8575 email: leejongsin7@nate.com

Received July 24, 2017

Revised August 9, 2017

Accepted August 17, 2017

Published August 31, 2017

인 문제에 해당되나, 특히, 산업화와 도시화로 인해 대기 오염이 극심한 국가를 중심으로 온난화의 심각성이 부각되고 있는 것이 사실이다. 중국은 2012년부터 심각한 대기오염으로 인해 각지에서 스모그가 발생하기 시작하였다[3]. 스모그뿐만 아니라, 2013년 이후에는 매년 여름 상하이를 비롯한 중국 대부분의 지역에서 극심한 폭염이 지속되었다[4]. 특히, 도심지의 경우 지속적인 개발로 아스팔트와 콘크리트로 피복된 불투수층의 증가로 지표면 열 환경의 변화가 발생하였고, 인구 집중화로 인한 인공 열 배출의 증가로 지표면의 온도 상승은 점차 가속화되고 있다[5,6]. 지표면의 온도는 지표면과 대기 사이의 열 에너지를 교환시켜 대기 순환과 기온에 영향을 미치므로 에너지를 이해하기 위한 중요한 변수이나 정확한 관측은 매우 어렵다[6,7]. 최근에는 지표면의 온도를 Landsat, MODIS 등의 위성영상을 이용하거나 자동기상관측(AWS) 자료를 이용하여 분석하고 있다[7-10]. 그러나 매년 비슷한 시기의 시계열적인 분석과 관련된 연구는 부족한 현실이다. 이에 본 연구에서는 최근 심각성이 부각되고 있는 중국의 이상 고온 현상을 Landsat 8 OLI TIRS 위성영상을 이용하여 토지피복별, 시계열별 특징을 파악하고 분석하고자 한다[11-12].

2. 토지피복 변화

본 연구에서는 중국 내에서도 이상 고온 현상이 빈번하게 발생되고 있는 저장성 츠시시를 대상으로 선정하고

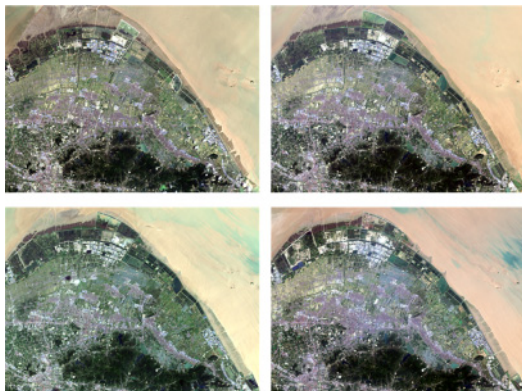


Fig. 1. Time-series Masked Images about Study Area (left upper: 2013, right upper: 2015, left lower: 2016, right lower: 2017)

분석을 실시하였다. 영상의 시기는 이상 고온 현상이 두드러지게 발생하기 시작한 2013년 7월 12일을 시작으로 2015년 8월 3일, 2016년 7월 20일, 2017년 7월 23일의 4시기에 해당된다.

기하보정이 완료된 4시기의 위성영상을 효율적으로 사용하기 위해 해상도가 다른 8번 전정색 밴드를 제외한 10개 밴드를 하나의 파일로 융합하였다. 융합한 파일 중 대상 지역만을 추출하기 위해 마스킹을 실시하였다. Fig. 1은 대상지 마스킹이 완료된 4시기의 위성영상을 나타낸다.

대상지 마스킹이 완료된 영상들은 시계열적 토지피복의 변화량을 분석하기 위하여 영상 분류를 수행하였다. 영상 분류 방법에는 크게 감독분류와 무감독분류로 나뉘는데, 본 연구에서는 시계열적 분석에 효율적인 감독분류를 활용하였다. 감독분류를 위해 우선, 분류 항목을 6가지(수계-빨간색, 갯벌-녹색, 산림-파란색, 경작지-노란색, 나지-청록색, 건물-자홍색)로 나누고 대못값에 해당되는 항목별 훈련집단을 선정하였다. 분류의 정확도를 향상시키기 위해 항목별 훈련집단은 4시기에 걸쳐 변화가 발생되지 않은 장소들을 대상으로 동일하게 선정하였다. Fig. 2는 항목별 훈련집단 선정 결과를 나타낸다.

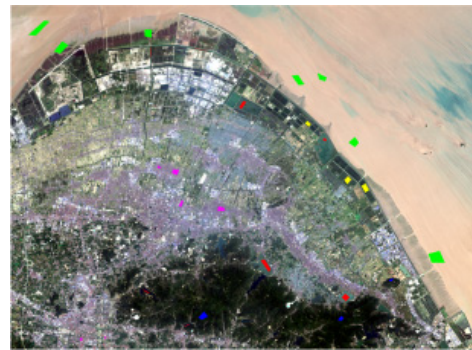


Fig. 2. Result of Training Setting

Fig. 2와 같이 공통된 훈련집단을 설정한 후, 감독분류(평면육면체법, 최소거리법, 마할라노비스거리법, 최대우도법, 신경망기법, 서포트벡터머신기법) 방법으로 모든 시기를 분류한 결과 최소거리법이 가장 높은 정확도를 나타냈다. Fig. 3은 시계열의 최소거리법 분류 결과를 나타낸다.

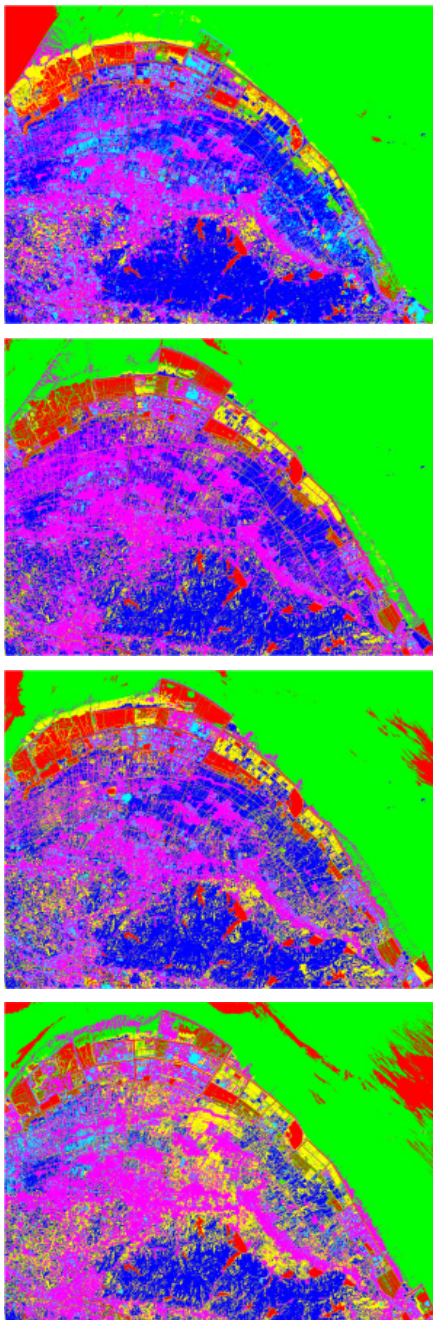


Fig. 3. Time-series Classification Result of Minimum Distance

토지피복 변화를 정량적으로 분석하기 위해 Fig. 3의 분류 결과를 토대로 6가지 항목별 시계열 변화를 산출하였다. Table 1은 분류결과에 따른 시계열 면적 변화를 나타낸다.

Table 1. Time-serial Change about Classification Results (unit: km²)

Item	2013	Change	2015	Change	2016	Change	2017
Water	165.831	-0.538	165.293	44.857	210.150	2.596	212.746
Mud Flat	824.865	41.234	866.099	-60.760	805.339	-19.031	786.308
Forest	654.496	-25.18	629.316	14.980	644.296	-223.173	421.123
Farm	194.500	31.127	225.627	127.744	353.372	83.077	436.449
Bare Soil	198.043	-137.928	60.116	29.966	90.081	19.323	109.404
Structure	534.047	91.285	625.332	-156.786	468.545	137.208	605.753

Table 1에서 각 항목별 특징들을 찾아보면, 경작지의 경우 2013년에서 2015년 사이 31.127km², 2015년에서 2016년 사이 127.744km², 2016년에서 2017년 사이 83.077km² 만큼 지속적으로 증가하였다. 이는 도심지와 조금 떨어진 지역의 경우 나지나 산림을 개간하여 경작지로 사용하기 때문으로 볼 수 있다. 또한 2013년부터 2017년까지 산림은 전체적으로 감소하고 있으며, 산림지가 건물이나 경작지로 변한 것을 알 수 있었다.

3. 지표 온도 변화

본 연구에서는 최근 심각한 고온 현상이 지속되고 있는 중국 츠시시의 지표 온도의 특징을 파악하기 위해 Landsat 8 OLI TIRS 센서의 열밴드를 이용하여 산출한 온도를 시계열적, 토지피복별로 분석하였다. 지표면의 온도 분포를 분석하기 위해 각 시기별 융합영상에서 열밴드에 해당되는 10번 밴드(열적외선)를 활용하였다. Landsat 영상 중 열적외선 밴드들을 통해 나타나는 영상의 밝기는 해당 파장대에서의 에너지 세기를 표현하며, 지표면 온도를 미리 정해진 관계식을 통해 이산화 하여 반영하고 있다[13-16]. 영상의 밝기값을 지표면 온도로 환원하는 모델에는 NASA 모델, RESTEC(Remote Sensing Technology Center of Japan) 방법, Quadratic 방법이 있으며, 본 연구에서는 가장 보편적으로 사용되는 NASA 모델을 채택하였다[14,17,18]. Fig. 4는 2013년부터 2017년의 시계열적 지표면 온도 산출 결과를 나타낸다.

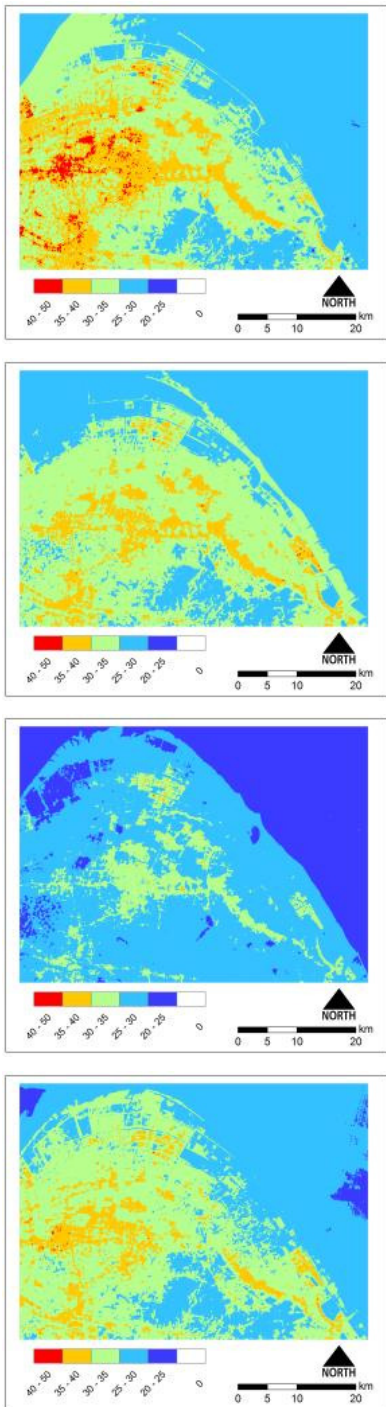


Fig. 4. Time-serial Temperature Calculation Result (from 2013 to 2017)

Fig. 4의 지표면 온도 추출 결과를 활용하여 대상지 전체 면적의 평균온도를 계산한 결과 2013년 31.02℃,

2015년 30.36℃, 2016년 26.59℃, 2017년 30.11℃로 산출되었으며, 각 시기별 최고온도는 2013년 48.00℃, 2015년 43.31℃, 2016년 41.04℃, 2017년 42.95℃로 나타났다.

츠시시 전체 지역의 평균 온도뿐만 아니라, 보다 상세한 온도 분포를 분석하기 위해 2장의 토지피복 분류결과를 바탕으로 6가지 항목별 평균온도를 산출하였다. Fig. 5~Fig. 8은 각 시기별, 항목별 지표면 온도를 나타내며, Table 2는 각 시기별, 항목별 지표면 온도 변화를 나타낸다.

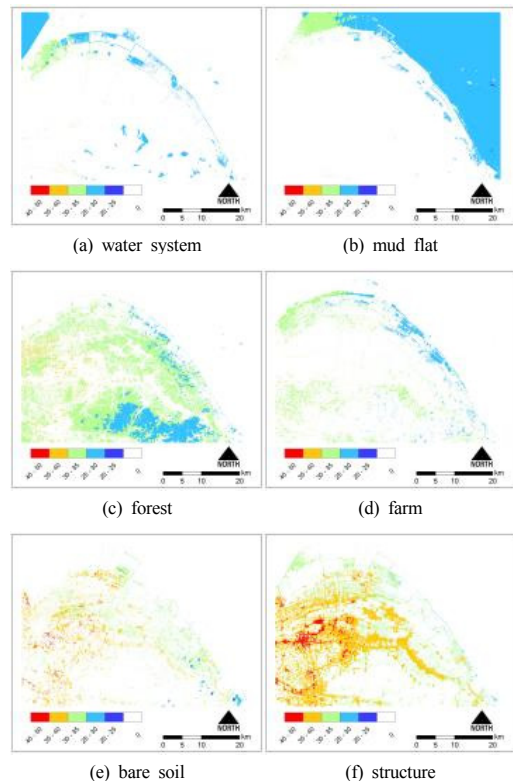
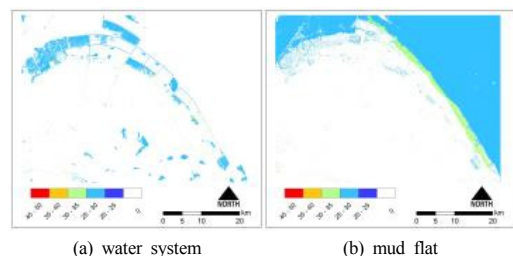


Fig. 5. Surface temperature of each classification item (unit: °C) - 2013



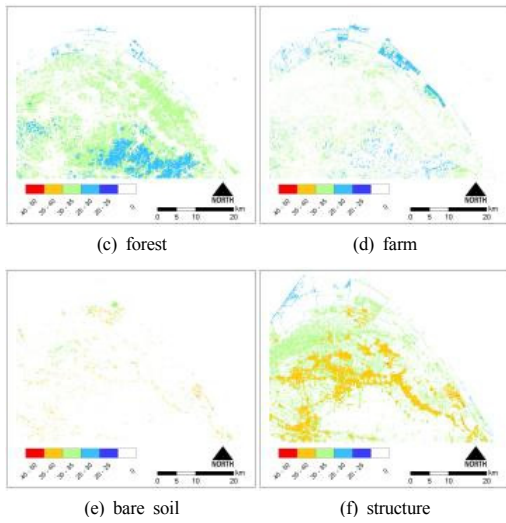


Fig. 6. Surface temperature of each classification item (unit: $^{\circ}\text{C}$) - 2015

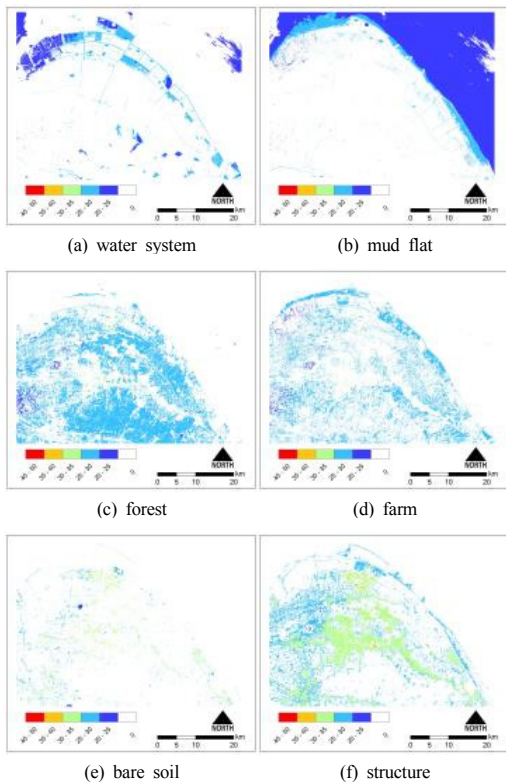


Fig. 7. Surface temperature of each classification item (unit: $^{\circ}\text{C}$) - 2016

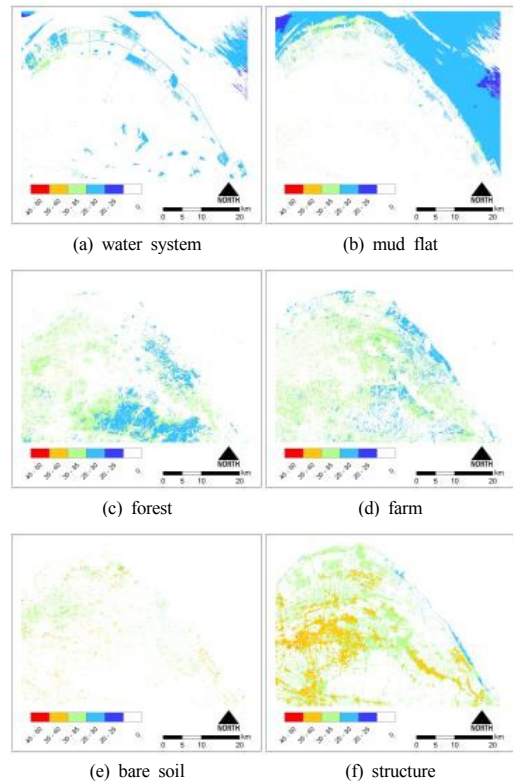


Fig. 8. Surface temperature of each classification item (unit: $^{\circ}\text{C}$) - 2017

Table 2. Change of surface temperature of each stage and item (unit: $^{\circ}\text{C}$)

Item	2013	Change	2015	Change	2016	Change	2017
Water	29.24	-0.69	28.55	-3.59	24.96	2.78	27.74
Mud Flat	26.71	0.39	27.10	-2.98	24.13	2.44	26.57
Forest	31.52	-0.52	30.99	-3.94	27.05	3.41	30.46
Farm	31.19	-0.46	30.72	-3.74	26.99	3.79	30.78
Bare Soil	34.77	-0.32	34.45	-4.48	29.97	3.72	33.69
Structure	36.02	-2.03	33.99	-4.17	29.83	4.20	34.02
Average	31.02		30.36		26.59		30.11

Table 2에서 보는 바와 같이, 동일한 시기에서는 2013년, 2015년, 2016년, 2017년 모두 건물지역과 나지 지역에서 고온 현상이 두드러졌으며, 갯벌지역에서는 상대적으로 낮은 온도를 유지하는 것으로 나타났다. 건물 및 나지지역은 모든 시기에 걸쳐 갯벌에 비해 최소 5.8 $^{\circ}\text{C}$ 최대 9.31 $^{\circ}\text{C}$ 높은 것을 알 수 있었다. 또한 동일 시기에서는 전체적으로 건물, 나지, 산림, 농경지, 수계, 갯벌의 순서로 온도가 높게 나타났으며, 분류형태별로 건

물과 나지, 산림과 농경지가 각각 매우 유사한 온도 분포 형태를 보였다. 대상지 전체의 평균온도에 비해 건물, 나지, 산림, 농경지 지역의 온도가 높았으며, 수계와 갯벌 지역의 온도는 낮게 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 최근 이상 고온 현상이 지속적으로 발생되고 있는 중국 츠시시를 대상으로 Landsat 위성영상을 활용하여 토지피복 분류를 수행하고, 지표 온도를 산출하여 시계열적, 토지피복별 특징을 파악하고 분석하고자 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Landsat 8 OLI TIRS 영상을 이용한 영상 분류 결과와 지표 온도 산출 결과를 통해 시계열적인 변화 값을 정량적으로 산출할 수 있었다.
2. 토지피복 분류 결과 나지나 산림을 경작지로 개간하여 2013년부터 최근에 이르기까지 경작지의 면적이 지속적으로 증가한 것을 알 수 있었다.
3. 지표 온도 산출 결과 전체 면적의 평균온도는 2013년 31.02℃, 2015년 30.36℃, 2016년 26.59℃, 2017년 30.11℃, 각 시기별 최고온도는 2013년 48.00℃, 2015년 43.31℃, 2016년 41.04℃, 2017년 42.95℃로 거의 매년 평균온도가 30℃를 육박하고, 최고 온도는 40℃이상인 것을 알 수 있었다.
4. 분류항목별 지표 온도 분석 결과 건물 및 나지에서 고온 현상이 두드러졌으며, 갯벌지역에서는 상대적으로 낮은 온도를 유지하는 것을 알 수 있었다.

향후, 본 연구 결과를 바탕으로 대상지역을 중국대륙 전체로 확장시켜 이상 고온 현상의 특징을 지속적으로 관찰하는 연구를 진행할 계획입니다.

References

- [1] Wikipedia. Global warming, Available From: <https://ko.wikipedia.org/> (accessed Aug. 1, 2017)
- [2] National Research Council, "America's Climate Choices", p.118, The National Academies Press, 2011.
- [3] Namu.wiki. China/Environment, Available From <https://namu.wiki/>. (accessed Aug. 1, 2017)
- [4] SBS news. Shanghai, the highest temperature in 140 years ... Hot China, Available From : http://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1001911589. (accessed Aug. 2, 2017)
- [5] H. A. Cleugh, T. R. Oke, "Suburban-rural energy balance comparisons in summer for Vancouver, B. C.", *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 36, no. 4, pp. 351-369, 1986.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00118337>
- [6] C. Cho, J. B. Jee, M. S. Park, S. H. Park, Y. J. Choi, "Comparison of Surface Temperatures between Thermal Infrared Image and Landsat 8 Satellite", *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, vol. 32, no. 1, pp. 46-56, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5572/KOSAE.2016.32.1.046>
- [7] M. Jin, R. E. Dickinson, D. L. Zhang, "The footprint of urban areas on global climate as characterized by MODIS", *J. Climate*, vol. 18, no. 10, pp. 1551-1565, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI3334.1>
- [8] Jong Sin Lee, Dae Yong Um, "Analysis of Drought Damage around Tonl? Sap which is Largest Lake in Southeast Asia", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology* vol. 7, no. 5, pp. 961-969, May 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/ajmahs.2017.05.90>
- [9] Hyun Choi, "Determination of Hydrologic Parameters for Runoff Analysis", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 7, no. 4, pp. 363-373, Apr. 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2017.04.88>
- [10] Hyoung-Kyu Lee, Kap-Yong Jung, "Applicability Evaluation of Earth Volume Calculation using Unmanned Aerial Images", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol.5, No.5, pp.497-504, Oct. 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2015.10.36>
- [11] S. Lee, S. K. Choi, S. Noh, N. Lim, J. Choi, "Automatic Extraction of Initial Training Data Using National Land Cover Map and Unsupervised Classification and Updating Land Cover Map", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 33, no. 4, pp. 267-275, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2015.33.4.267>
- [12] S. Lee, M. Yang, C. Lee, "Time Series Analysis of Area of Deltaic Barrier Island in Nakdong River Using Landsat Satellite Image", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 34, no. 5, pp. 457-469, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2016.34.5.457>
- [13] 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.
- [14] 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: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2016.08.58>

- [15] USGS, "Landsat 8 (L8) Data Users Handbook Ver 2.0.", USA, pp. 55-61, 2016.
- [16] U. S. Geological Survey. Using the USGS Landsat 8 Product, Available From: http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php (accessed Aug. 2, 2017)
- [17] 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.
- [18] 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 and 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: <http://dx.doi.org/10.3390/rs70101135>

박 준 규(Joon-Kyu Park)

[중신회원]



- 2001년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 토목공학과 조교수

<관심분야>

지형공간정보공학

이 종 신(Jong-Sin Lee)

[정회원]



- 2008년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2010년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (박사수료)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 충남대학교 건설공학교육과 초빙교수

<관심분야>

지형공간정보공학