

다시기 위성영상을 이용한 북한 전체의 산림 변화 특성 분석

이형규^{1*}, 오명관²

¹서일대학교 토목공학과, ²해전대학교 전기전자서비스과

Analysis of Forest Change Characteristics in North Korea using Multi-temporal Satellite Images

Hyoung-Kyu Lee^{1*}, Myoung-Kwan Oh²

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of Electrical & Electronics Service, Hyejeon College

요약 우리는 각종 언론 보도를 통해 북한 내 식량난의 심각성을 지속적으로 전달받고 있다. 최근 들어서는 그 심각성이 날로 높아져 국제기구와 구호단체에서도 우려의 목소리가 커지고 있다. 식량난과 땃감의 부족으로 인해 주민들은 산에 있는 나무를 불법으로 벌목하여 산림의 황폐화도 아시아에서 3번째로 빠르게 진행되고 있는 지역에 해당된다. 그러나 북한의 경우 직접적인 산림의 황폐화 정도를 측정할 수 없으므로, 위성영상을 이용한 원격탐사기법을 적용해야 한다. 이에 본 연구에서는 산림의 황폐화에 대한 심각성을 파악하기 위해 북한의 산림 변화 특성을 분석하고자 하였다. 이를 위해 Landsat 5 TM 위성영상과 Landsat 8 OLI TIRS의 2시기 위성영상을 획득하고, 영상 분류를 수행하였다. 그 결과, 남포특별시 지역과 평양직할시 지역에서 산림이 황무지로 변한 것을 알 수 있었으며, 반면에 양강도 북부지역에서는 황무지가 산림지역으로 변한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 전체 지역에 대한 면적은 2006년에 비해 2017년에 산림의 변화는 매우 적었으나 수계(4,416.22km²)와 주택지가(2,017.03km²) 감소하고, 감소된 면적과 유사한 값으로 농경지가 6,625.74km² 증가한 것을 알 수 있었다.

Abstract We are constantly hearing about the seriousness of food shortages in North Korea through various media reports. Recently, the severity of the problem has increased, and international organizations and relief organizations have become increasingly concerned. Due to the shortage of food and firewood, residents illegally cut trees in the mountains and, as a result, North Korea has become the third fastest-growing area of forest degradation in Asia. However, since North Korea cannot directly measure the extent of forest degradation, remote sensing techniques using satellite imagery have to be applied. The purpose of this study was to analyze the characteristics of forest change in North Korea, in order to understand the severity of the forest degradation problem. For this purpose, Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI TIRS satellite images were acquired and classified. As a result, it was found that the forests have turned into wilderness in the Nampo City and Pyongyang municipalities, while the wasteland has changed into forests in the north of Yanggango. In addition, the total forested area of the whole region decreased by 4,166.22 km², the residential area decreased by 2,017.03 km², and the amount of agricultural land increased by 6,625.74 km², which is similar to the amount of forested area lost, although the difference in the overall area of the forests between 2017 and 2006 was small.

Keywords : Forest Change, Land Cover, Landsat Satellite, Multi-temporal Satellite Images, North Korea

본 논문은 2017년도 서일대학교 학술연구비에 의해 연구되었음

*Corresponding Author : Hyoung-Kyu Lee(Seoil Univ.)

Tel: +82-2-490-7442 email: soilgeo@seoil.ac.kr

Received December 5, 2017

Revised December 19, 2017

Accepted January 5, 2018

Published January 31, 2018

1. 서론

최근 UN의 식량농업기구(FAO; Food and Agriculture Organization of the United Nations)에 따르면, 북한 전체 면적의 1/4에 해당되는 녹지대가 사라졌으며, 최근 5년 동안 매년 12,700여 헥타르에 달하는 북한 토지가 황폐해졌다고 추정했다[1]. 북한의 이러한 토지 황폐화는 식량 및 땃감 부족으로 인한 나무 훼손이 가장 큰 원인으로 파악되고 있다[2]. 북한 식량난에 대한 국제사회의 우려에 따라 2014년부터는 전국도의 수립화 특별지시로 기존의 식수절 행사를 나무심기 전투기간적으로 더욱 요란하게 진행하고 있다[3]. 그러나 마땅한 연료가 없는 북한 주민들로서는 난방과 취사를 위해 산림의 나무를 계속 사용할 수밖에 근본적인 문제로 인해 산림의 황폐화가 지속적으로 발생하고 있는 상황이다. 북한의 산림 황폐화는 앞으로도 지속적인 국제사회의 해결과제로 남아있을 것이다. 이러한 상황에서 우리도 북한의 산림 황폐화에 대한 관심을 가질 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 식량난과 땃감 부족으로 인해 점차 심각해지고 있는 북한 전체 지역의 산림 변화를 정량적으로 파악하기 위해 원격탐사기법을 활용하였다. 북한의 산림 훼손과 관련된 자료들을 조사한 후, 북한 전체 지역에 대한 위성영상을 획득하였다. 위성영상은 북한 전체지역을 포괄적으로 포함하고, 원활한 자료처리를 위

해 비교적 해상도가 작은 Landsat 위성영상을 활용하였다. 2006년의 Landsat 5 TM 위성영상과 2017년의 Landsat 8 OLI TIRS 위성영상을 획득한 후, 각 지역별 영상들을 모자이크 하였으며, 이후 북한 지역만을 추출하는 마스크 과정을 진행하였다. 추출된 연구대상지의 영상은 분류 항목을 설정한 후 항목별 대표지역을 선정하였으며, 이를 기준으로 영상분류를 수행하고, 산림 훼손으로 인한 토지피복 변화를 분석하였다[4-7]. Fig. 1은 본 연구의 흐름도를 나타낸다.

2. 북한의 위성영상 획득 및 처리

본 연구에서는 북한의 산림 훼손 및 온도변화를 정량적으로 분석하기 위해 북한 전체지역을 연구 대상으로 선정하였다. 위성영상의 계절적 시기는 산림이 영상에서 뚜렷하게 확인이 가능한 여름철과 가을철에 해당되는 시기로 정하였으며, 이 시기를 기준으로 전체지역에 구름의 양이 가능한 적은 년도를 기준으로 결정하였다. 영상의 대상 시기를 결정한 후 획득 가능한 최적기가 2006년과 2017년으로 판단되어 이 시기에 해당되는 Landsat 5 TM 위성영상과 Landsat 8 OLI TIRS 위성영상을 획득하였다[8]. Fig. 2는 본 연구의 대상지를 나타내며, Table 1은 본 연구에서 사용한 위성영상의 목록을 나타낸다. Landsat은 지구 관찰을 목적으로 발사된 위성 중 현존하는 가장 오래된 프로그램으로 육상관측 및 연구가 주요 목적이며, 가장 최근에는 2013년 2월 Landsat 8 OLI위성이 발사되어 Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ 등과 함께 운영되고 있다[4,9-14].

획득한 영상의 각 신(scene)별을 북한 전체를 대상으로 한 번에 처리하기 위해 모자이크를 실시하였다. 인접 영상 간 중복되는 부분은 구름의 영향이 상대적으로 적은 영상을 우선적으로 선택하였다. Fig. 3은 영상의 모자이크 과정과 결과를 나타낸다. 모자이크를 수행 한 후 연구 대상 지역만을 선별하기 위해 국토지리정보원 국토정보플랫폼에서 제공하는 북한지역 수치지도(2015년 제작, 축척 1:250,000, GRS80 좌표체계)를 활용하였다[15]. Fig. 4는 연구 대상 지역의 마스크 결과를 나타낸다.

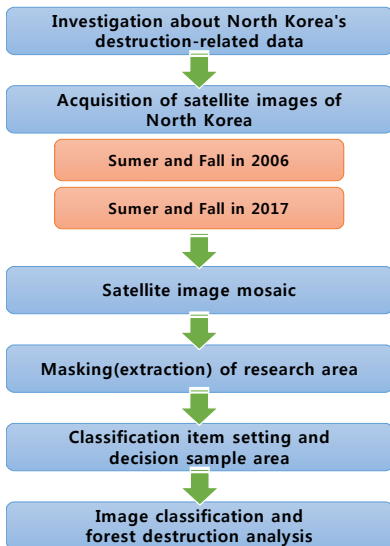


Fig. 1. Flow chart in this research



Fig. 2. Research area

Table 1. Satellite images about North Korea are used in this study

| Path | Row | Acquisition Date | Sensor | Spatial Resolution (m) | Cloud (%) | Quality |
|------|-----|------------------------|---------------|------------------------|-----------|---------|
| 115 | 30 | 10:57, Sept. 22, 2006 | 5 TM | 30 | 0 | 9 |
| 115 | 31 | 10:57, Sept. 22, 2006 | 5 TM | 30 | 0 | 9 |
| 115 | 32 | 10:57, Sept. 22, 2006 | 5 TM | 30 | 0 | 9 |
| 116 | 31 | 11:03, August 28, 2006 | 5 TM | 30 | 11 | 9 |
| 116 | 32 | 11:03, August 28, 2006 | 5 TM | 30 | 3 | 9 |
| 116 | 33 | 11:04, Sept. 13, 2006 | 5 TM | 30 | 2 | 9 |
| 117 | 32 | 11:09, August 19, 2006 | 5 TM | 30 | 1 | 9 |
| 117 | 33 | 11:10, Oct. 19, 2006 | 5 TM | 30 | 0 | 9 |
| 118 | 32 | 11:16, Sept. 11, 2006 | 5 TM | 30 | 39 | 9 |
| 115 | 30 | 11:03, Sept. 4, 2017 | 8 OLI TIRS | 30 | 4.99 | 9 |
| 115 | 31 | 11:03, Sept. 4, 2017 | 8 OLI TIRS | 30 | 14.04 | 9 |
| 115 | 32 | 11:04, Sept. 20, 2017 | 8 OLI TIRS | 30 | 4.14 | 9 |
| 116 | 31 | 11:09, August 26, 2017 | 8 OLI TIRS | 30 | 0.57 | 9 |
| 116 | 32 | 11:10, August 26, 2017 | 8 OLI TIRS | 30 | 0.68 | 9 |
| 116 | 33 | 11:10, Oct. 13, 2017 | 8 OLI TIRS | 30 | 16.59 | 9 |
| 117 | 32 | 11:16, June 14, 2017 | 8 OLI TIRS | 30 | 0.68 | 9 |
| 117 | 33 | 11:16, June 14, 2017 | 8 OLI TIRS | 30 | 11.15 | 9 |
| 118 | 32 | 11:22, June 5, 2017 | 8 OLI TIRS | 30 | 1.45 | 9 |

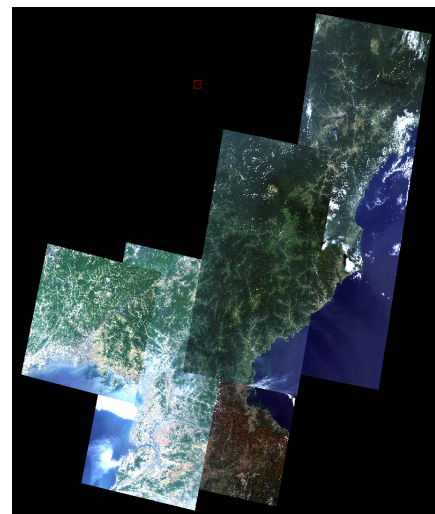
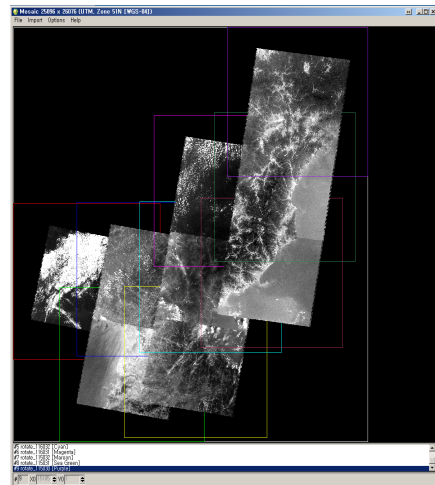


Fig. 3. Process and result of image mosaic



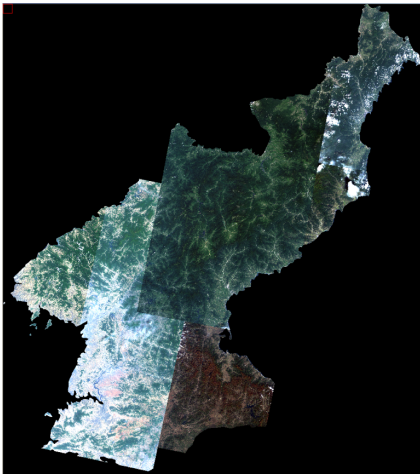


Fig. 4. Image masking results(year of 2006, 2017)

3. 산림 변화 분석

훼손으로 인한 북한의 산림 변화를 분석하기 위해 마스킹 한 두 시기의 영상을 대상으로 분류항목을 6가지 (산림, 수계, 황무지, 농경지, 주택지, 구름)로 설정하고, 각 항목별 훈련집단(대표지역; training set)을 선정하였다. 훈련 집단 선정 시 분류 정확도 향상을 위해 두 시기 동안 변동되지 않은 지역을 우선적으로 선정하였다. 훈련 집단을 선정 후, 영상처리 프로그램의 감독분류 기법을 이용하여 분류를 수행하였다. 감독분류 방법들(평행육면체법, 최소거리법, 마하라노비스 거리법, 최대우도법, 분광각매패 기법, 신경망 기법, 서포트벡터머신 기법) 중 최대우도법(Maximum Likelihood)의 결과가 가장 높은 정확도로 산출되어 최대우도법으로 분류하고 그 결과를 비교하였다[13]. Fig. 5와 Table 2는 영상분류 결과를 나타낸다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 지역별 분포를 보면, 남포 특별시 지역부터 평양직할시에 이르는 지역에서 산림이 황무지로 변한 것을 뚜렷하게 확인할 수 있으며, 반면에 양강도 북부지역의 경우 황무지에서 산림지역으로 변한 것이 두드러지게 나타났다. 북한 전체지역을 대상으로 면적 변화를 산출한 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 2017년의 경우, 2006년에 비해 산림의 면적 변화(0.32km² 증가)는 거의 없으나 수계(4,416.22km² 감소)와 주택지(2,017.03km² 감소)된 것을 확인할 수 있었으며, 감소된 수계나 주택지의 면적이 농경지(6,625.74km² 증가)로 바뀐 것을 알 수 있었다.

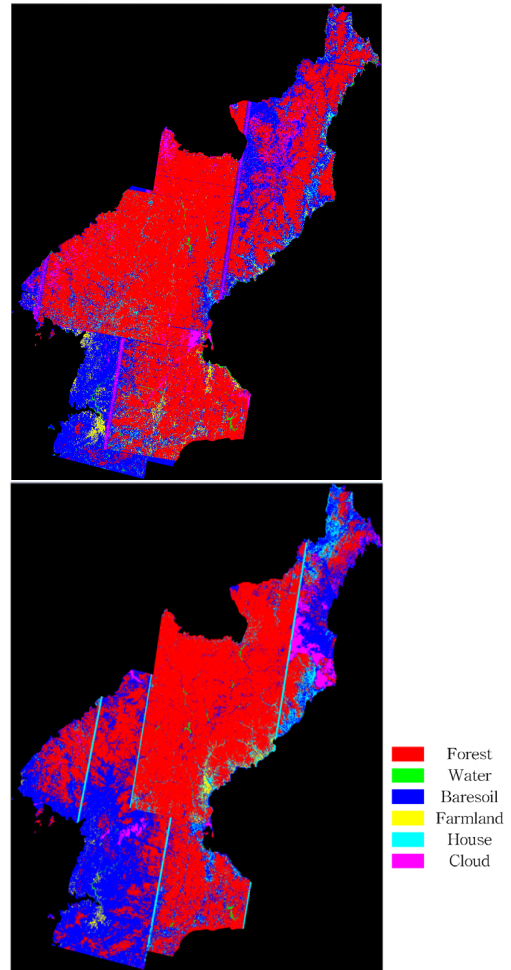


Fig. 5. Image classification results by period(year of 2006, 2017)

Table 2. Variation according to image classification result (unit: km²)

| | 2006 | Variation amount | 2017 |
|-------------|------------|------------------|------------|
| Forest(■) | 207,509.94 | 0.32 | 207,510.26 |
| Water(■) | 72,155.99 | -4,416.22 | 67,739.77 |
| Baresoil(■) | 706.58 | -355.00 | 351.58 |
| Farm(■) | 31,607.32 | 6,625.74 | 38,233.06 |
| House(■) | 2,961.45 | -2,017.03 | 944.42 |
| Cloud(■) | 4,594.90 | | 3,030.46 |

4. 결론

본 연구에서는 지속적으로 심각해지고 있는 북한을 대상으로 원격탐사기법을 활용하여 산림 변화의 정량적 분석을 수행하고자 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 두 시기의 Landsat 5 TM 영상과 Landsat 8 OLI TIRS 영상을 이용하여 북한 전체지역의 토지피복 변화를 정확하고, 효과적으로 산출할 수 있었다.

둘째, 분류 결과를 통해 남포특별시 지역과 평양직할시 지역에서 산림이 황무지로 변한 것을 확연하게 알 수 있었으며, 반면에 양강도 북부지역에서는 황무지가 산림 지역으로 변한 것을 확인 할 수 있었다.

셋째, 북한 전체지역에 대한 면적 변화는 2006년에 비해 2017년에 산림의 면적 변화는 매우 적었으나, 수계와 주택지가 각각 4,416.22km², 2,017.03km² 감소된 것을 알 수 있었으며, 감소된 면적과 비슷한 수치로 농경지가 (6,625.74km²) 증가된 것을 알 수 있었다.

향후, 본 연구를 바탕으로 보다 다양한 시기에 대한 분석을 추가적으로 진행하여 북한의 산림황폐화의 모니터링을 진행할 예정이다.

References

- [1] J. K. Kim, 25% of Forest in North Korea has been disappeared after the year of 1990, Radio Free Asia, [cited 2017 March 20], Available From: http://www.rfa.org/korean/in_focus/food_international_or_g/ne-jk-03202017163640.html(accessed Oct., 10, 2017)
- [2] J. W. Noh, An urgent need for North Korean forest restoration, Radio Free Asia, [cited 2016 April 6], Available From: http://www.rfa.org/korean/weekly_program/d1b5c77cb85c-ac00b294-ac38/fe-nj-04062016133810.html(accessed Oct., 18, 2017)
- [3] W. K. Choi, North Korea forest recovery battle ... Annual devastation in Pyongyang, VOA, [cited 2016 April 9], Available From: <https://www.voakorea.com/a/3276761.html>(accessed Oct., 15, 2017)
- [4] H. K. Lee and 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.2016.09.34>
- [5] 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>
- [6] Sung-Min Cho, Forest Vegetation Classification and Development of Management System with Satellite Data and GIS, *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 6, no. 10, pp. 613-622, October 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2016.10.15>
- [7] Jeong-Joon Kim, Yong-Soo Lee, Jin-Yong Moon, Study on Present Situation and Application of Spatial Big Data, *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol.7, no.10, pp. 837-845, October 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/ajmahs.2017.10.02>
- [8] U.S. Department of the Interior, Using the USGS Landsat 8 Product, U.S. Geological Survey, [cited 2016 April 15], Available From: http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php(accessed Oct., 29, 2017)
- [9] J. H. Kwak, "Comparative analysis of Difference of Normalized Difference Vegetation Index between Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI Sensors", Thesis of Master, Kumoh National Institute of Technology, Korea, 2015.
- [10] M. H. Lee, S. B. Lee, Y. Kim, J. Sa, Y. D. Eo, "Effectiveness of Using the TIR Band in Landsat 8 Image Classification", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 33, no. 3, pp. 203-209, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2015.33.3.203>
- [11] J. S. Lee, H. C. Yun, "Analysis of Change about Reclaimed Land using Landsat Satellite Images of Time Series", *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 10, no. 18, pp. 39211-39216, 2015.
- [12] I. Nandi, P. K. Srivastava, K. Shah, "Floodplain Mapping through Support Vector Machine and Optical/Infrared Images from Landsat 8 OLI/TIRS Sensors: Case Study from Varanasi", *Water Resources Management*, vol. 31, no. 4, pp. 1157-1171, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1568-y>
- [13] J. S. Lee, D. Y. Um, "Analysis of Drought Damage around Tonlé 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, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/ajmahs.2017.05.90>
- [14] S. Y. Yoon, H. Choi, G. H. Kim, "Estimation of Vegetation Cover Fraction Using Landsat 8 OLI imagery and Field Survey Data", *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*, vol. 25, no. 3, pp. 95-100, 2017.
- [15] National Geographic Information Institute, Land Information Platform, National Geographic Information Institute, [cited 2017 Nov. 10], Available From: <http://map.ngii.go.kr/ms/map/NlipMap.do>(accessed Nov., 10, 2017)

이 형 규(Hyoung-Kyu Lee)

[정회원]



- 1981년 2월 : 홍익대학교 토목공학과 (공학사)
- 1983년 8월 : 홍익대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 홍익대학교 토목공학과 (공학박사)
- 1988년 2월 ~ 현재 : 서일대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

지반공학, 지리정보시스템응용

오 명 관(Myoung-Kwan Oh)

[종신회원]



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

<관심분야>

영상처리, IT 서비스