

## 항공영상을 활용한 도로개발 전·후 산림 훼손지 개체목 분석\*

최재용<sup>1)</sup> · 김성열<sup>2)</sup> · 김휘문<sup>2)</sup> · 송원경<sup>2)</sup> · 이지영<sup>3)</sup> · 최원태<sup>1)</sup> · 문건수<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> 충남대학교 산림자원학과 · <sup>2)</sup> 단국대학교 녹지조경학과 · <sup>3)</sup> 충남대학교 농업과학연구소 · <sup>4)</sup> 삼아항공

## Analysis of Individual Tree Change Using Aerial Photograph in Deforested area Before and After Road Construction\*

Choi, Jae-Yong<sup>1)</sup> · Kim, Seoung-Yeal<sup>2)</sup> · Kim, Whee-Moon<sup>2)</sup> · Song, Won-Kyong<sup>2)</sup> ·  
Choi, Won-Tae<sup>1)</sup> · Lee, Ji-Young<sup>1)</sup> and Moon, Guen-Soo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Environment & Forest Resources, Chungnam National University,

<sup>2)</sup> Department of Landscape Architecture, Dankook University,

<sup>3)</sup> Institute of Agricultural Science, Chungnam National University,

<sup>4)</sup> Samah-Amah Aerial Survey.

### ABSTRACT

Although the road construction in forest is increasing and there is a need for development ecological restoration on deforest area, no consideration has been given to individual trees in there. This study analyzed aerial photographs of deforest area before and after road construction for determining the degree of forest destruction by extracting individual trees. Study area was selected in the sites where are damaged by road construction in GongJu-si, YuSung-gu, and YeongDong-gun. The aerial photograph taken 1979 before construction is panchromatic image of 80cm in GSD (Ground Sample Distance) and other photograph taken 2016 after construction is multi-spectral image of 10cm in GSD. In order to minimize the difference of GSD, we conducted image re-sampling process for setting to same GSD for the two photographs. After that we carried out visual interpretation method for de-

---

\* 이 연구는 2017년도 정부(산림청)의 재원으로 지원을 받아 수행된 신기후체제 대응 연구사업임(2017046A00-1819-BB01).

**First author** : Choi, Jae-Yong, Department of Environment & Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea Professor, Chungnam National University,  
Tel : +82-42-821-7835 E-mail : jaychoi@cnu.ac.kr

**Corresponding author** : Kim, Seoung-Yeal, Graduate School of Dankook University, 119, Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan-si. Chungnam 330-714, Korea,  
Tel : +82-41-550-6273. E-mail : rhaxod2632@gmail.com

**Received** : 26 July, 2018. **Revised** : 27 August, 2018. **Accepted** : 27 August, 2018.

termining to change of individual tree. The result found that for GongJu-si of the number of individual tree was 1,014 in 1979 and 886 in 2016, which decreased by 128 (12.6%) and the average width of those decreased from 5.77m to 5.75m by 0.47%. In case of YoungDong-gun, the number of it was 761 in 1979 and 746 in 2016, which decreased by 2.0% and the average width of it decreased from 8.99m to 8.90m by 1.1%. Lastly in case of YuSung-gu, the number of it was 1,578 in 1979 and 988 in 2016, which decreased by 37.4% and the average width of it decreased from 7.09m to 6.65m by 6.21%. these result imply that road construction causes destruction of forests. Since there are limitations such as errors due to researcher, it is necessary to construct a quantitative analysis method for the change of the deforest area. It is need to study the method of extracting individual tree in deforest area more accurately using high-resolution image of GSD 10cm or more as well. This study can be used as a basic data for the ecological restoration of the deforest area considering characteristics of individual tree such as height, diameter at breast height, and biomass.

**Key Words :** *deforestation, road construction, extraction of individual tree, aerial photograph, Image differencing*

## I. 서 론

우리나라는 1980년 이후 급격한 경제발전에 따라 교통수요에 따른 자동차가 급증하였고, 증가된 교통 수요 해결과 국가기간교통 망 확충을 위해 정부는 지속적으로 도로 건설 및 노선개선 사업을 진행했다(Kim et al, 2017). 최근 도로 건설의 경향은 환경보전 및 토양침식, 산사태, 야생생물 이동통로 확보를 위해 산림을 일직선으로 개발하는 선형 도로 개발을 제한했으나 개인 소유 차량의 증가, 토지매입에 따른 보상비, 거리에 따른 조성비, 중장비 발달 등에 따라 과거건설 되지 못했던 산림지역이 점차 개발이 되고 있어 산림훼손이 진행됐다(Lee and Han, 2002). 산지 내 도로개발의 비율은 지방자치체도가 도입된 이래 계속 증가하는 추세이다. 6차 임상도에 중첩하여 분석된 산림과 인접한 도로의 비율은 2016년 8월 기준으로 고속국도 총연장 6,141km 중 2,093km인 34%, 도시고속국도 163km 중 84km인 52%, 국도 13,259km 중 3,007km인 23%, 특별광역도로 2,301km 중 594km인 26%, 국가지원지방도

3,614km 중 857km인 24%, 지방도 15,453km 중 3381km인 22%, 시군도 11,908km 중 2,662km인 22%로 확인되었다.

도로개발 사업으로 인해 훼손된 산림에 대해서는 과거에서부터 현재까지 지속적으로 복원을 위해 노력이 필요하다. 도로 개발로 인해 훼손된 전·후 개체목의 변화량 및 변화정도와 같은 산림 훼손정보를 정량적으로 수집하여 도로에 의한 산림 내 훼손지 복원을 보다 효율적으로 진행 될 수 있음에도 불구하고, 도로 건설에 의한 산림 내 개체목 변화를 고려한 생태적 복원의 방향을 제시한 연구는 미비한 실정이다. 이는 산림조사에 있어서 개체목 단위의 측정은 한정적인 조사비용 및 접근이 어려운 지형적인 조건 때문에 매우 제한적으로 이루어지고 있기 때문이다(Woo et al, 2007).

최근에는 산림 내부를 보다 과학적이고 지속적이며 효율적인 산림 정보를 취득하기 위해 원격탐사 기법을 활용한 정보 수집에 대한 필요성이 증가하고 있다(Jang et al, 2006). 산림청은 산림 훼손지 실태조사를 위해 원격탐사 및 GIS 기



**Figure 1.** Location of study area, Daejeon, Chungcheongbuk-do. Chungcheongnam-do. Main survey area is designated by open circle, forest is designated by gray shadow and solid line is road of study area.

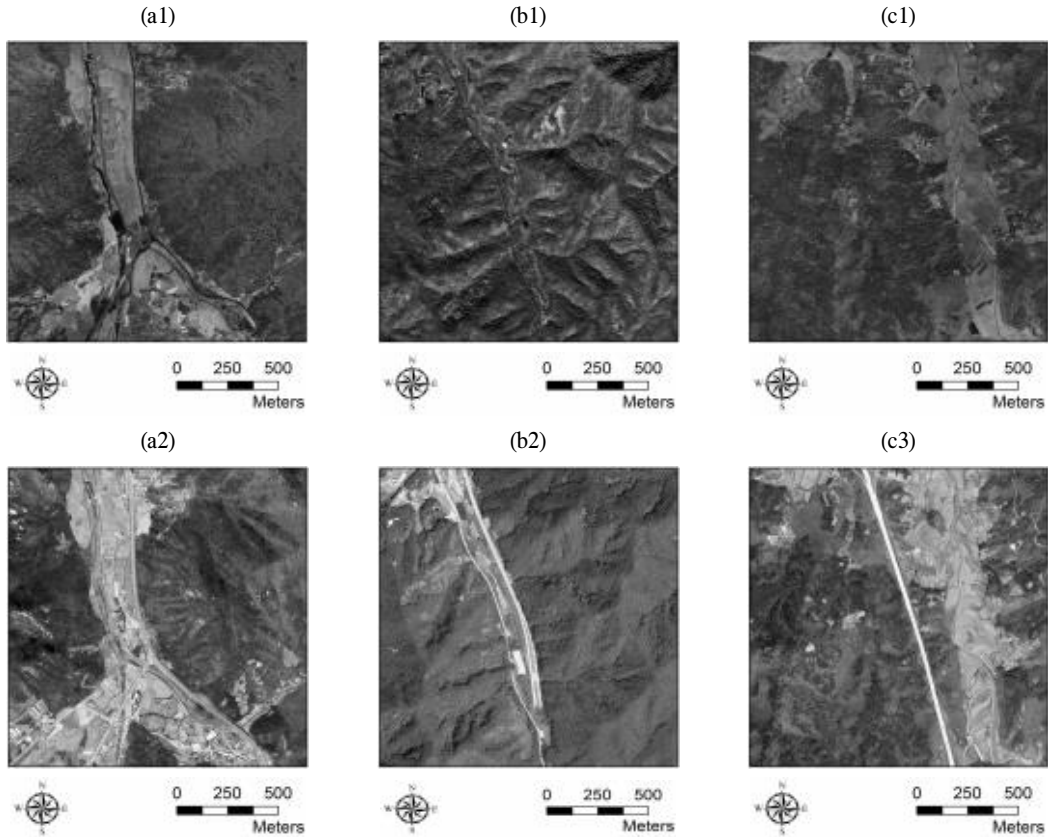
술을 도입하여 두 시기의 항공사진의 육안 판독을 통해 훼손 산림 정보를 취득하고 있다(Ham et al, 2013). 위성영상 또는 고해상도의 항공사진을 활용한 변화탐지와 관련된 국내·외 연구로 Landsat 5 TM영상을 이용하여 몽골 울란바토르 북드한산의 훼손지를 정량적으로 파악하였으며(Ganzorig et al, 2014), Landsat 인공 위성을 이용하여 울진군 산불 피해를 추출하고 정확도를 평가하는 연구를 수행하였다(An et al, 2012). 또한 Landsat 인공위성 영상자료를 이용한 몽골 북서부 사막지역을 대상으로 하여 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index; 정규화식생지수)를 취득하고 영상 분류 기법으로 알려진 감독분류, 무감독분류법에 의해 시계열에 따른 토지피복의 상태변화를 수집 및 분석하였으며(Erdenechi-meg, 2010), 고해상도 항공영상을 통해 산림 훼손지의 유형을 구분하고, 도로와 건물

의 접근성에 따른 분포 특성을 파악하기도 했다(Na et al, 2015). 또한 2007년, 2010년의 두 시기의 항공사진을 수집하고 변화 탐지 기법을 통해 훼손된 산지 정보를 추출하는 연구도 수행되었다(Ham et al, 2013). 고해상도 항공영상을 활용하여 개체목을 추출한 선행연구로는 컬러 항공영상을 통해 수목지역을 추출하고, 항공 Lidar 데이터를 이용하여 개체목과 수고를 측정하였으며(Chang et al, 2006), 항공 Lidar 데이터를 이용하여 산림지역의 개별수목을 탐지하고 평균을 수고를 추정하는 연구가 진행되었다(Hwang et al, 2012).

앞선 선행연구는 원격탐사기법을 통해 인공위성영상 및 항공영상을 통해 훼손된 산지나 변화된 토지피복을 탐지하는 연구로서 개체목 단위로 훼손지에 대한 피해량 연구는 부족하고, 항공영상을 통한 개체목 추출 방법 연구에만 국한되

**Table 1.** Study area and information of constructed Road

Region	Adress	Road No.	Date of road construction	Type of construction
GongJu	33-1, Oncheon-ri, Banpo-myeon, Gongju-si, Chungcheongnam-do	1	2007.01.03	Expansion open
YoungDong	119-1, Bongso-ri, Haksan-myeon, Yeongdong-gun, Chungcheongbuk-do	19	2007.12.31	Newly open
YuSung	64-4, Se-dong, Yuseong-gu, Daejeon	1	2007.01.03	Newly open



**Figure 2.** Aerial Photograph of study area before and after road construction. (a1 : past photograph of GongJu, a2 : latest photograph of GongJu, b1 : past photograph of YoungDong, b2 : latest photograph of YoungDong, c1 : past photograph of YuSung, c2 : latest photograph of YuSung)

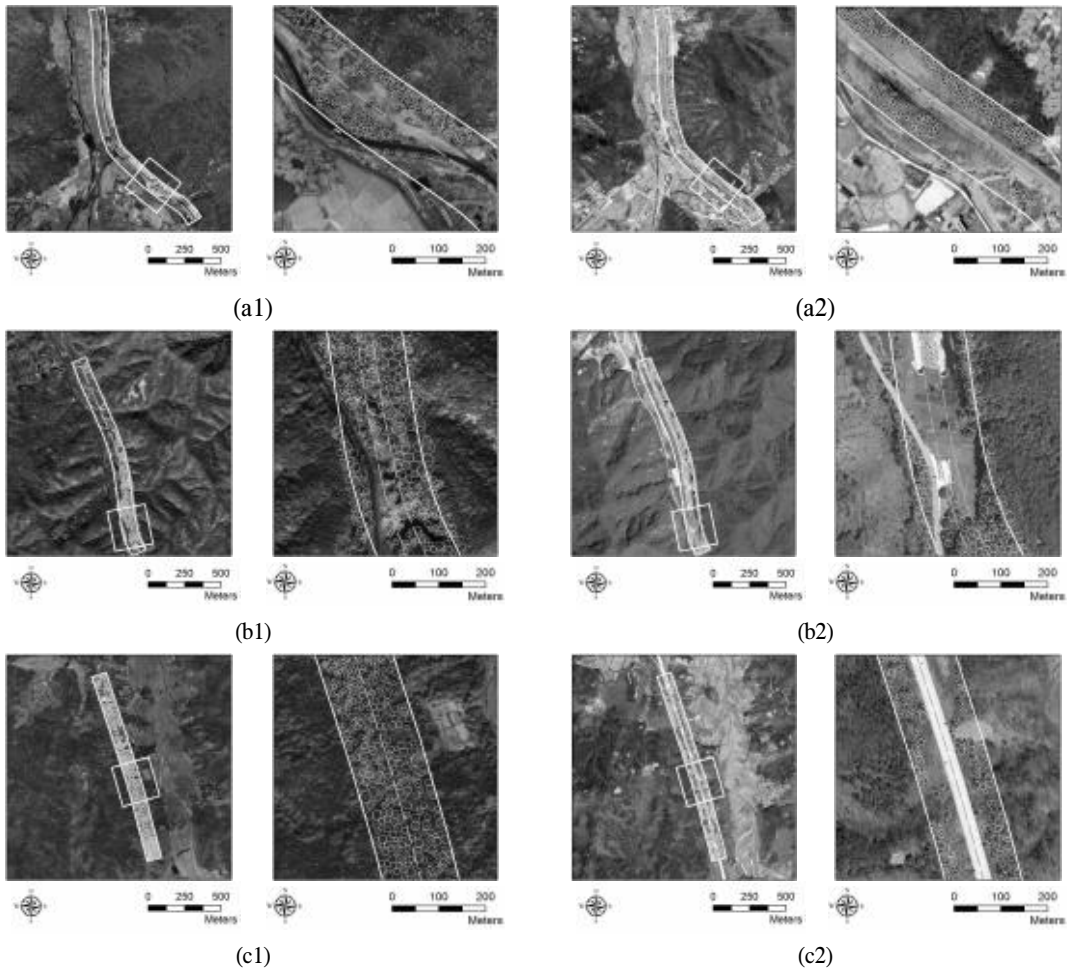
어 있다. 따라서 본 연구는 도로개발로 인해 산지에서 훼손된 면적뿐만 아니라 양적인 생태계의 변화를 효과적으로 파악하기 위해 개체목의 변화를 분석하고자 한다. 이를 위하여 1979년, 2016년의 두 시기 항공영상을 활용하여 영상판독 감독분류 방법을 통해 개체목을 추출하였다. 추출된 개체목의 공사 전·후 변화를 탐지하여 정량적인 생태계 변화를 분석하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구대상지

공주시 반포면 온천리 산33-1번지 1번 국도

주변, 충청북도 영동군 학산면 봉소리 산119-1번지 일대 19번 국도 주변과 대전광역시 유성구 세동 산 64-4번지 일대 1번국도 주변산림으로 하였다(Figure 2). 세 곳 모두 도로건설 전 침엽수, 활엽수가 고르게 분포되어 있던 산림으로서 도로 건설로 인해 개체목의 변화가 확연하게 드러나, 연구 대상지를 선정하였으며 건설된 도로는 모두 왕복 4차선으로 동일하나, 공주는 이미 1979년에 2차선 도로가 건설되어 있었으나, 2007년 1월3일 도로 증설 공사로 4차선 도로로 구간 확장 개통되었다. 대상 도로는 ‘박정자삼거리’를 포함한 1km 구간이다. 영동 지역의 도로 경우 2007년 12월 31일에 신설 개통된 구간



**Figure 3.** Result of extraction of individual tree in buffer area. Individual tree is designated by open circles, a centre line of road is designated by solid line and buffer area is designated by dotted line.(See Figure 2)

으로 영동에서 무주를 연결하고 ‘압치터널’을 포함하는 1km구간으로 설정하였다. 마지막으로 유성은 2007년 1월 3일 신설 개통된 구간으로 유성에서 계룡을 잇는 도로로서 ‘세동교차로’를 포함하는 1km를 설정하였다.

## 2. 항공영상 및 개체목 추출

도로 건설로 인한 개체목 변화를 분석하기 위한 영상은 1979년(과거), 2016년(최신)두 시기를 활용하여 분석하였다. 두 시기 모두 활엽수의 잎이 적은 봄과 가을 영상을 이용하였고 1979년 가을에 촬영한 과거 정사 항공영상은 산림청에서

협조 받은 자료로서 WGS84 타원체의 중부원점 좌표계로 정의된 GSD(Ground Sample Distance) 80cm급 전정색 영상(Panchromatic Image) 자료이다. 2016년 항공영상은 공주 3월, 유성 3월, 영동 9월에 촬영되었으며, GSD 10cm급 다중분광 영상(Multispectral Image)을 이용하였다. 최신 항공영상은 CESSNA社의 CESSNA208 항공기를 이용하고 VECXEL社 ULTRACAM EAGLE MARK 2 렌즈를 통해 촬영하였다. 렌즈는 최대 92%의 중중복으로 GSD 10cm급 영상이 촬영 가능한 멀티스펙트럼 렌즈이다. 본 항공기와 렌즈를 통해 비행고도 약 2,000m에서 촬영한 영상을

기하 및 방사보정을 진행한 후 자료를 사용하였다. 두 시기 영상에서 같은 위치정확도가 0.5 화소 이내인 자료를 활용하였다. 두 시기의 영상을 비교분석하고자 영상 판독 감독분류를 통해 대상 지역의 도로 선형 개발 전·후에 대한 개체목 변화를 추출하고자 한다. 과거영상과 최신영상의 GSD에 따른 공간해상도 오차를 최소화하기 위해 영상재배열(Image Resampling)과정을 거쳐 2016년도에 촬영한 최신영상의 GSD를 80cm급으로 변환하였다. 개체목 추출은 현재 최신영상에서 건설된 도로의 중앙선(중앙분리대)을 도로 중심으로 정의하고 도로 중심선 좌우로 50m의 버퍼지역을 생성하였으며, 도로의 구간은 1km로 설정하였다(Figure 3). 가로 0.1km, 세로 1km의 버퍼지역 내 개체목을 추출하고, 각 두 시기에 추출된 개체목의 변화량과 평균 수관폭의 변화량을 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

1979년과 2016년 각 시기의 개체목 추출하여 변화량을 확인한 결과, 공주시 일대는 1979년 1,014본, 2016년 886본으로 개체목의 수가 12.6% 감소하였고, 개체목의 평균 수관폭은 5.78m에서 5.75m로 약 0.5% 정도 감소하였다. 공주시는 기존 1979년 이전에 개발된 왕복 2차선 도로가 왕복 4차선으로 확장된 도로로 산림 훼손이 다른 지역에 비해 적은 것으로 나타났고, 대부분의 도로가 확장된 지역이 동쪽 방향 산림으로 확장이 되기보다는 서쪽 농업지역으로 확장되었기 때문

에 개체목의 변화량과 평균 수관폭 변화량이 크지 않은 것으로 판단된다. 그러나 대상지 남쪽에서는 곡선의 형태인 기존도로를 직선 형태로 선형개발로 진행하였기 때문에 상당히 많은 개체목이 훼손 되었다고 사료된다.

영동군 일대는 1979년 761본, 2016년 746본으로 2.0% 감소한 것으로 분석되었으며, 평균 수관폭은 8.99m에서 8.90m로 약 1.1% 가량 감소된 것으로 분석되었다. 영동군 지역은 도로 개발 이전 산림뿐만 아니라 나지가 복합적으로 존재하는 지역이었기 때문에 개체목 변화량이 가장 적게 도출되었다 판단된다. 또한 도로 건설 개발 이후, 도로 주변으로 소경목을 식재함으로써 개체목의 변화량이 적게 나타났다. 수관폭 역시 1.1%의 감소폭으로 크지 않은 변화량이 분석된 것은 식재된 수목이 공사가 완료된 2007년부터 성장한 것이라 판단되며, 기존 침엽수림이 우세했던 지역을 활엽수로 식재하여 수관폭의 변화량이 크지 않은 것으로 사료된다. 개체목 변화가 세 대상지 중 가장 적으나, 과거 산림지역이었던 지역에 터널이 건설되면서 산림 훼손이 대규모 발생하였고 역시나 많은 개체목의 손실로 인하여 전반적인 산림 생태계는 악화됐을 것이라 판단된다.

세동지역은 개체목이 대상지 중 37%로 가장 많이 감소되었고 수관폭 역시 평균 7.09m에서 6.65m로 가장 큰 감소폭을 확인하였다. 도로건설 이전, 대경목으로 이루어진 완전한 산림지역이었기 때문에 도로개발로 인해 가장 큰 훼손을 발생시켰다. 도로 건설 개발 후, 도로 주변으로

**Table 2.** Number and Width of crown of Individual tree of GongJu area, YoungDong, YuSung and Rate of change

Area	Number of Individual tree			Width of crown of Individual tree(m)		
	1979	2016	Rate of change	1979	2016	Rate of change
GongJu	1,014	886	-12.6%	5.78	5.75	-0.47%
YuSung	1,578	988	-37.4%	8.99	8.90	-1.1%
YoungDong	761	746	-2.0%	7.09	6.65	-6.21%

수목들을 식재하여 개체목의 감소가 예상보다 더 적게 나타났지만, 수관폭의 감소폭이 가장 크게 감소하였기 때문에 대경목의 손실 측면에서는 산림에 많은 훼손을 발생시켰고 판단된다. 또한 산림 중심부에서 발생한 대형 선형 개발로서 생태계 악영향인 로드킬, 산림파편화, 산림서식지 단절, 생물다양성 등 다양한 문제가 발생할 가능성이 큰 지역으로 확인된다.

현지 조사결과 공주의 우점수종은 리기다소나무와 상수리나무였으며 평균 흉고직경은  $28\text{cm} \pm 6.96\text{cm}$ 이다. 영동의 경우 낙엽송과 굴참나무가 우점하고 있으며 평균 흉고직경은  $23.2\text{cm} \pm 7.71\text{cm}$ 이고, 세동의 경우 소나무와 상수리나무가 균락을 이루며 평균 흉고직경은  $21.8\text{cm} \pm 9.79\text{cm}$ 이다. 항공사진을 활용한 개체목 추출결과와 현지조사를 비교해본결과 본 연구에 활용할 만한 기준의 수준이었다.

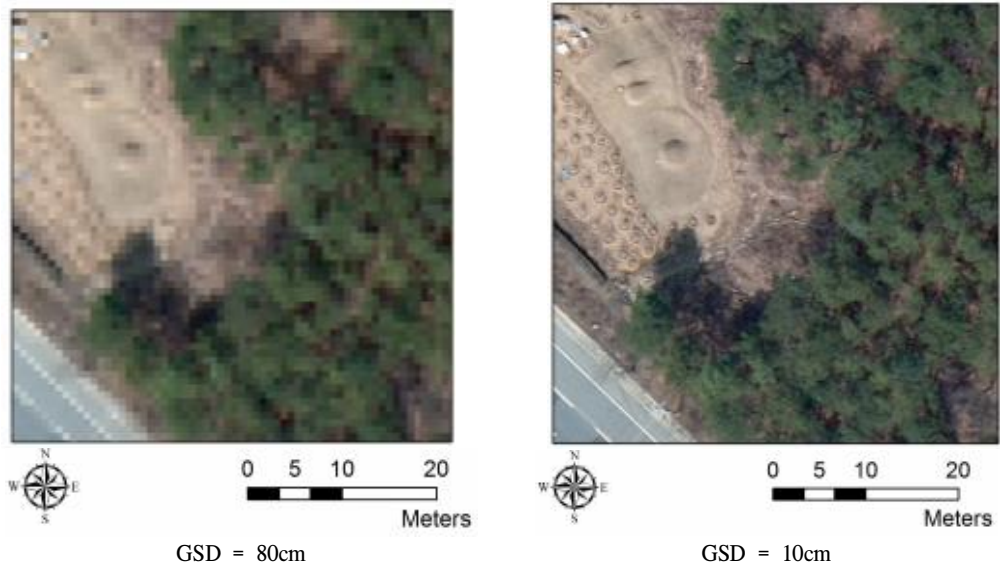
본 연구는 과거 과학기술의 한계로 인한 고해상도 항공영상 부재로 과거영상(1979년)의 공간해상도 수준의 맞춰 GSD 10cm급 최신영상(2016년)을 GSD 80cm급으로 영상재배열을 통해 도로 개발로 인해 변화된 개체목 및 수관폭 변화량을 추출한 연구의 한계가 있다. 공간해상도가 기술발전에 따라 더 작아질수록 개체목의 추출의 정확도가 높아 질 것이라 예상되며, 추후 연구에서는 고해상도 항공영상을 활용함으로써 과학적이며, 정확한 개체목 추출과 나아가 변화한 식생의 바이오매스 양의 확인이 가능할 것이라 판단된다. 또한 본 연구에서 활용한 영상판독 감독분류는 판독자의 경험에 따른 오차 등의 오분류를 범할 한계가 있기 때문에, 산지 내 개체목의 변화에 대한 정량적인 분석방법을 마련할 필요가 있다. 그러나 도로 건설에 의해 훼손된 산림 내 개체목의 변화량을 탐지한 선도적인 연구로서 도로 선형 건설로 인한 인위적 훼손뿐만 아니라, 산사태 및 산불 등 자연재해로 인해 훼손 대상지를 정량적이고 정성적인 평가가 가능하여 산림공간의 생태적 복원을 효과적으로 지

원하기 위한 연구로서 큰 의의가 있다. 더 나아가 인위적인 도로 개발 전·후의 변화탐지 뿐만 아니라 도로 개발 이후 도로가 주는 지속적인 영향을 개체목 단위로 평가할 수 있는 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 연구 대상 지역 3곳 공주, 영동, 유성에 대하여 과거 항공 영상(1979년)과 현재 항공 영상(2015년)을 영상재배열 과정을 통해 공간해상도를 80cm급으로 통일시키고 개발된 도로의 중앙선을 기준으로 50m 버퍼영역을 생성했다. 생성된 버퍼영역에서 영상판독 감독분류를 통해 개체목과 평균 수관폭의 변화량을 추출하였다. 추출된 개체목과 변화한 평균 수관폭을 통해 도로 건설로 인해 훼손된 산림 내 개체목의 변화를 과학적으로 평가했다.

과거 영상과 현재 영상의 GSD를 동일하게 80cm급으로 설정하여 개체목을 분석한 결과, 공주시 13%, 영동군 2%, 유성구 37% 정도가 도로 건설로 인해 개체목이 감소한 것을 알 수 있었다. 또한 평균 수관폭은 공주시 0.5%, 영동군 1.1%, 유성구 6.21% 정도 감소된 것으로 분석되었다. 공주시는 1979년 이전 왕복 2차선 도로가 건설되어 있는 지역으로 최근 도로 확장 공사로 인해 왕복 4차선 도로로 건설된 지역이었다. 4차선 도로는 기존 2차선 도로 옆으로 개발되었으며, 산림을 최소한으로 훼손시키며 도로를 증설했다. 영동군은 산림과 나지가 복합적으로 존재하는 지역이 도로 건설로 인해 개발된 지역으로 개체목 및 평균 수관폭의 변화가 가장 적은 것이라 사료된다. 일부 나지 지역에서 도로 건설로 개체목 변화가 적고, 과거 산림지역이었던 지역은 도로와 터널이 건설되면서 산림 훼손이 발생했지만, 훼손된 지역에 수목을 식재함으로써 가장 적은 개체목과 평균 수관폭의 변화량을 보인 것으로 사료된다. 유성구 일대는 개체목과 수관폭의 변화



**Figure 4.** Comparison by GSD of aerial Photograph

량이 대상지 중 가장 많이 큰 것으로 확인되었다. 과거에는 완전한 산림지역이었으나, 도로 선형 건설로 인하여 많은 개체목이 감소하였다. 또한 과거 산림의 대부분이 대경목으로 생태적으로 중요한 대상지였으나 도로건설로 인해 많은 개체목들이 유실되고 도로 주변에 상대적으로 어린수목을 식재하여 평균 수관폭의 양이 크게 감소한 것으로 분석되었다. 본 연구는 두 시기의 항공영상을 영상판독 감독분류를 통해 개체목을 추출하여 훼손되기 이전의 변화를 살펴본 연구로서, 항공영상을 활용한 훼손된 산림 지역의 변화탐지와 개체목 추출과 같은 측면에서의 활용성을 제시하였다. 그러나 상대적으로 판독자의 오분류가 발생할 수 있는 영상판독 감독분류 방법은 과학적이고 정량적인 변화탐지의 방법을 연구할 필요가 있다. 산림 내 개체목 추출을 위한 심층적인 연구와 원격탐사 영상을 활용한 변화탐지의 방법인 직접다중시기분류(Direct multi-date classification) 및 변화벡터분석(Change vector analysis), 후분류비교(Past-classification comparison), 영상 간 회귀분석(Image regression) 등 다양한 분류방법(Singh, 1989; Lee and Jo, 2004)이 활용되

고 있다. 뿐만 아니라, DEM(Digital Elevation Model) 및 DSM(Digital Surface Model), nDSM(Normalized Digital Surface Model)의 입력자료를 활용하면 개체목의 수와 평균 수관폭의 변화량 이외에 개체목의 바이오매스를 측정할 수 있다. 다양한 영상 분류방법론과 추가적인 입력자료를 통해 산림의 훼손 전·후 개체목의 변화를 분석한다면 향후 진행될 산림훼손지의 효율적이며 과학적인 생태적 분석이 가능할 것이다.

우리나라는 국토의 2/3이상이 산림으로서 산림 훼손지의 복원과 관리의 관심 및 연구의 필요성이 증가하고 있지만 산림 개체목에 대한 기초 통계 자료의 구축이 미흡하고, 산림 내부의 접근성이 낮아 실질적인 복원 및 관리에 어려움이 있다. 본 연구를 통해 산림이 훼손되기 이전과 도로 선형 개발과 같은 인위적 훼손 및 산불, 산사태와 같은 자연재해와 같이 훼손된 이후의 개체목 추출 및 평균 수관폭의 변화량을 비교하고 평가하는 연구를 제안하였으며, 향후 산림 훼손지 생태적 복원사업에 기초 자료로써 활용이 가능할 것으로 사료된다.



## References

- An, S. J. · B. K. An. · D. Y. Kim and S. K. Im. 2012. Accuracy Evaluation of Fire Burn Area Mapping Methods from Satellite Imagers. *Jour. Korean Soc. For.* 10(2) : 127-135. (in Korean)
- Chang, A. J. · K. Y. Yu. · Y. I. Kim. and B. K. Lee. 2006. Estimate of Individual tree and Tree Height using Color Aerial Photograph and Lidar Data. *Journal of the Korean Society of Remote Sensing.* 22(6) : 543-551. (in Korean)
- Erdenechimeg. 2010. Detection of land cover change using landsat image data in desert area. M.S. thesis, Incheon National Univ, Incheon, Korea (in Korean)
- Ganzorig, M. · J. W. Lee. · H. K. Kweon. · S. M. Choi and M. K. Lee. 2014. An analysis of year-to-year change of degraded forest land in Mongolia nature reserve Mt. Bogdkhan in Ulaanbaatar. *CNU Journal of Agricultural Science* 41(3) : 205-211 (in Korean)
- Ham, B. Y. · C. Y. Lee. · B. H. Kyung and M. B. Keol. 2013. A Study on Detection of Deforested Land Using Aerial Photographs. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System.* 21(3) : 11-17 (in Korean)
- Hwang, S. R. · M. J. Lee. and I. P. Lee. 2012. Detection of Individual Trees and Estimation of Mean Tree Height using Airborne LIDAR Data. *Journal of the Korean Society of Remote Sensing, Journal of Korea spatial information society.* 20(3) : 27-38. (in Korean)
- Jang, A. J. · K. Y. Yu. · Y. I. Kim and B. K. Lee. 2006. Estimation of Individual Tree and tree Height using Color Aerial Photograph and Lidar Data. *Kor. J. Remote Sensing.* 22(6) : 543-551 (in Korean)
- Kim, D. P. · S. H. Hong. · S. H. Choi. · S. C. Lee and M. Y. Ahn. 2017. Relationship between the Locations of Tunnel Entrance and Areas Affected by Deforestation in the Forest in Korea. *Kor. J. Env. Eco.* 31(1) : 104-111. (in Korean)
- Lee, K.J. and B.H. Han. 2002. Planting Plan of Ecological Corridor at Destroyed Mountain Area as a Result of Road Construction. *Kor. J. Env. Eco.* 16(3) : 321-337. (in Korean)
- Lee, J. D. and C. H. Jo. 2004. Detecting land cover chang in an urban area by image differencing and image ratioing techniques. *Journal of the Korean Society for Geo Spatial Information System* 12(2) : 43-52 (in Korean)
- Na, H. S. · J. M. Park. · J. Y. Choi. and J. S. Lee. 2015. A Study on Spatial Characteristic of Damaged Forest Areas by Image Interpretation -Focused on DMZ region in Hwacheon and Cheorwon. *Jorunal of Photo Geography.* 25(3) : 63-73.
- Singh, A. 1989. Review Article : Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing.* 10(6) : 989-1003
- Woo, C. S. · J. S. Yoon. · J. I. Shin and G. S. Lee. 2007. Automatic Extraction of Individual Tree Height in Mountainous Forest Using Airborne Lidar Data. *Kor. For. Soc.* 96(3) : 251-258. (in Korean)