

로지스틱 회귀모형을 이용한 환경정책 효과 분석* **

: 울산광역시 녹지변화 분석을 중심으로

이성주¹⁾ · 류지은²⁾ · 전성우³⁾

¹⁾ 고려대학교 대학원 환경생태공학과 학생 · ²⁾ 인천연구원 인천기후환경연구센터 연구원 ·

³⁾ 고려대학교 환경생태공학부 교수

An Analysis of Environmental Policy Effect on Green Space Change using Logistic Regression Model

: The Case of Ulsan Metropolitan City* **

Lee, Sung-Joo¹⁾ · Ryu, Ji-Eun²⁾ and Jeon, Seong-Woo³⁾

¹⁾ Environmental Science & Ecological Engineering, Graduate School of Korea University, South Korea, Student,

²⁾ Incheon climate & Environmental research center, the Incheon Institute, South Korea, Researcher,

³⁾ Dept. of Environmental Science & Ecological Engineering, Korea University, South Korea, Professor.

ABSTRACT

This study aims to analyze the qualitative and quantitative effects of environmental policies in terms of green space management using logistic regression model(LRM). Landsat satellite imageries in 1985, 1992, 2000, 2008, and 2015 are classified using a hybrid-classification method. Based on these classified maps, logistic regression model having a deforestation tendency of the past is built. Binary green space change map is used for the dependent variable and four explanatory variables are used: distance from green space, distance from settlements, elevation, and slope. The green space map of 2008 and 2015 is predicted using the constructed model. The conservation effect of Ulsan's environmental policies is quantified through the numerical comparison of green area between the

* 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 ‘훼손 유형별 생태복원사업 모델 개발 및 평가 체계 구축 사후 관리 기술개발’ 지원을 받아 연구되었습니다.(과제번호: 2018000210006)

** 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 “기후변화 적응정책 선정을 위한 통합평가 의사결정지원 도구 개발 및 실증화·고도화” 지원을 받아 연구되었습니다.(과제번호: 2018001310002)

First author : Lee, Sung-Joo, Graduate school of Korea University, Dept. of Environmental Science & Ecological Engineering, Environmental Planning & Landscape Architecture Major, Student,
Tel : +82-2-3290-3543, E-mail : sju5173@korea.ac.kr

Corresponding author : Jeon, Seong-Woo, Dept. of Environmental Science & Ecological Engineering, Korea University, Professor,
Tel : +82-2-3290-3043, E-mail : eepss_korea@korea.ac.kr

Received : 3 April, 2020. **Revised** : 26 August, 2020. **Accepted** : 21 August, 2020.

predicted and real data. Time-series analysis of green space showed that restoration and destruction of green space are highly related to human activities rather than natural land transition. The effect of green space management policy was spatially-explicit and brought a significant increase in green space. Furthermore, as a result of quantitative analysis, Ulsan's environmental policy had effects of conserving and restoring 111.75km² and 175.45km² respectively for the periods of eight and fifteen years. Among four variables, slope was the most determinant factor that accounts for the destruction of green space in the city. This study presents logistic regression model as a way of evaluating the effect of environmental policies that have been practiced in the city. It has its significance in that it allows us a comprehensive understanding of the effect by considering every direct and indirect effect from other domains, such as air and water, on green space. We conclude discussing practicability of implementing environmental policy in terms of green space management with the focus on a non-statutory plan.

Key Words : *Green Space, Logistic Regression model, Environmental Policy Assessment, Image Classification*

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

대한민국 산림면적은 1940년대 이후 6.25 전쟁과 경제적 어려움을 겪으며 줄어들기 시작했다(Park&Youn, 2017). 1990년대 후반부터 환경 문제가 점차 대두되고 녹지의 대기질 완화 및 도시열 저감효과가 검증되면서 산림 및 녹지 보전과 조성에 대한 중요성이 인식되었다(Cho and Jo, 2002; Yoon, 2003; Park&Youn, 2013). 이에 따라 한국은 「환경보전법」, 「환경정책기본법」 등을 제정하여 환경정책 수립 및 시행을 법적 의무사항으로 명시하였다. 국가와 지자체는 이를 바탕으로 다양한 환경정책을 수립하였다. 「환경정책기본법」에 기반한 ‘환경보전중기종합계획’과 ‘자연환경보전기본계획’, 그리고 2010년 제정된 「저탄소녹색성장기본법」에 기초한 ‘녹색성장추진계획’이 이에 해당하며, 해당 법률 모두 국가 단위와 하위 행정단위의 주기적 계획 수립을 의무화하고 있다.

이처럼 녹지 조성 및 관리를 위한 정책의 수립은 활발하게 이루어지고 있으나, 도입된 정책의 실질적 효과를 정량화하고 분석하는 연구는

부족한 실정이다. 대부분의 정책효과 분석은 단순히 사업 도입 전후 수치 비교로 국한되어 이루어지고 있다. 하지만, 환경계획 결과보고서 및 분석보고서에 사업의 수치적 효과가 기술되어 있지 않아 이도 어려움을 갖는다(UMC, 2003; UMC, 2005; UDI, 2008; UMC, 2008; UDI, 2013; UDI, 2014). 이러한 점에서, 과학적인 정책효과 정량화 연구가 필요하다.

본 연구에서는 울산광역시를 연구대상지로 하여 이 지역의 녹지 조성 및 파괴양상을 공간적으로 분석하고 2000년 이후 도입된 환경정책의 녹지관리 효과를 로지스틱 회귀모형(Logistic Regression Model; LRM)을 이용해 정량적으로 분석하고자 한다. 과거 녹지파괴 경향성을 포함한 로지스틱 회귀모형을 구축하여 2000년대와 2010년대의 녹지면적을 예측하고, 실제 해당 연도 녹지면적과의 수치 비교를 통해 환경정책 녹지보전 효과 정량화를 수행하였다.

울산광역시는 1962년 특별공업지구 지정 이후 급속하게 산업 수도로 발전한 지역이다. 울산 석유화학공업단지와 현대중공업·자동차 등의 대규모 공장입지로 인해 녹지가 파괴되고 대기질이 악화하였다(Lee et al, 2006). 이러한 환

경문제를 개선하기 위하여 울산 지자체는 2002년부터 환경을 최우선 순위로 두고 ‘제2차 환경보전중기종합계획’, ‘제2차 자연환경보전실천계획’, 그리고 ‘에코폴리스 울산계획’과 같은 환경정책을 강력하게 추진하였다(Lee et al, 2014). 그 결과, 울산의 1인당 생활권 도시림 면적이 2005년 8.7m²에서 2011년 15.02m²까지 2.3배가 증가하는 등 녹지면적이 크게 증가하였다(UDI, 2013). 즉, 울산은 과거 녹지의 파괴되던 경향성이 환경정책을 도입하여 녹지관리사업을 시행함에 따라 저지되고, 더 나아가 기존과 반대 방향인 녹지를 회복하는 경향으로 전환된 곳이다(Lee et al, 2014). 이러한 점에서 울산은 로지스틱 회귀모형을 이용해 환경정책이 얼마만큼의 효과를 가져왔는가에 대한 정량화 연구에 적합한 대상지이다.

로지스틱 회귀모형은 이분형(binary) 종속변수와 여러 독립변수 간 관계를 구축하는데 사용되는 기법이다(Sung, 2001). 이를 통해 독립변수와 종속변수 간의 관계를 이해할 수 있으며, 이와 더불어 완성된 모형을 이용해 종속변수 예측도 가능하다. 본 연구는 해당 모형을 사용하여 울산광역시 녹지파괴모형을 구축하고자 한다. 국외 많은 연구가 미래 녹지파괴 지역을 예측하는데 로지스틱 회귀모형을 사용하였다. Ludeke et al (1990)은 로지스틱 회귀모형으로 온두라스 지역의 인위적 산림파괴를 분석하였으며, Kumar et al(2004)은 인도 바나푸라타푸르 지역 산림피복변화를 분석하고 미래 산림피복을 예측하였다. 그 외에도 다양한 연구가 로지스틱 회귀모형을 이용해 산림을 연구하였는데(Linkie et al, 2004; Jafarzadeh & Arekhi, 2012; Bavaghar, 2015; Gayen & Saha, 2018), 국내에서는 해당 모형을 사용한 산림 및 녹지분석 연구가 아직 수행되지 않았다. 이러한 점에서 본 연구는 로지스틱 회귀모형을 활용하여 울산광역시의 녹지파괴 모델을 구축하고 환경정책 녹지관리 효과를 정량화한다. 본 연구는 다음과 같은 두 가지 목적을 가진다. (1) 울

산광역시 녹지변화를 시계열적으로 분석하고 (2) 환경정책의 녹지보전 및 복구 효과를 정량적으로 평가한다. 이를 통해 산림 및 녹지 보전 정책에 대한 더욱 심층적인 이해가 가능해질 것이며, 미래 도입될 환경정책의 평가 기준 및 지침으로 기능할 수 있을 것이다.

II. 연구대상지 및 자료

1. 연구대상지

연구대상지는 한반도 남동쪽에 위치한 울산광역시로, 1962년 국내 첫 번째 특별공업지구로 지정되어 빠른 개발을 겪은 지역이다. 환경공간정보서비스(EGIS)에서 제공하는 1980년, 1990년 그리고 2000년 후반 대분류 토지피복지도에 의하면 울산 녹지면적은 각 729.70km², 679.67km² 그리고 744.60km²로 1980년대에서 1990년대까지는 감소하다 2000년대에 다시 증가하는 경향을 나타냈다.

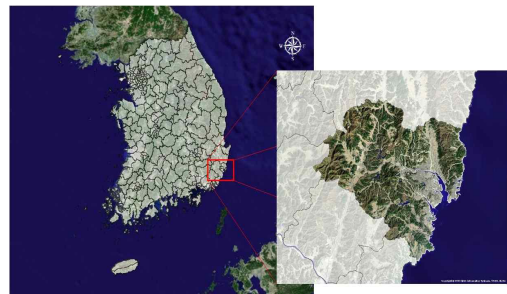


Figure 1. Research Area-Ulsan Metropolitan City

2. 울산광역시 환경정책 계획

산림과 녹지뿐만 아니라 대기, 수질 등 전 분야에서 급속도의 환경파괴를 겪고 있던 울산은 2002년 ‘에코폴리스 울산’을 선언하며 지역 환경문제 해결을 최우선 순위로 두고 정책을 펼치기 시작했다. 울산은 법률적 의무사항인 법정계획과 비법정계획을 동시에 수행했다(UDI, 2014).

에코폴리스 울산이 선포되기 전 울산은 1999년부터 2003년까지 시행된 초기 환경정책인 ‘제

1차 환경보전중기종합계획'에서 대기관리분야를 중심으로 정책을 추진하였다(UMC, 2008). 하지만 2002년 '에코폴리스 울산' 선포 이후 시행된 정책에서는 자연생태계복원 및 보전과 수질에 초점을 맞춰 예산을 투입하였다. '제2차 환경보전중기종합계획'에서는 수질환경보전에 전체 재원의 43.7%(4,514억), 그리고 자연환경관리에 33.4%(3,458억)를 투자하였으며(UMC, 2004), '에코폴리스 울산계획'에서는 녹지관리에 더욱 많은 초점을 두어 녹지공간 확충과 생태보전 복원에 44.1%(6,901억) 그리고 수질환경개선에 26.5%(4,159억)의 재원을 투자하였다(UDI, 2014). 이와 더불어 2009년에 시행한 '녹색성장추진계획'에서는 온실가스 저감과 녹색사회 조성 분야에 총 1조 2천만원 가량을 투자하였다(UDI, 2013). 이처럼 울산광역시는 2000년대에 들어 녹지관리에 많은 예산을 투입해왔다.

부록(1)은 2000년 이후 울산시가 진행한 환경분야 정책 및 계획들과 그 내부 세부내용을 나타낸다. 대표적으로 2004년부터 시행된 '에코폴리스 울산계획'에서는 녹지공간 확충분야 내부 '도시녹화 5개년 계획'에서 5,500천본 나무를 식재하였고 '완충녹지 조성사업'으로 남구 상개동과 북구 연암동에 2천㎡의 토지를 녹화하였다. '2열 가로수 식재사업'에서는 가로수 2,630본을 식재하였고 '아산로 중앙분리대 녹화사업'으로 덩굴식물 8000여본을 식재하는 등의 녹화사업을 실시했다. 생태보전복원 분야에서는 태화강 주변 16만㎡ 수변 단지 생태계를 복원하였고 태화강 하구에 겨울 철새 서식지와 생태공원을 조성하는 등 다양한 녹지복원사업을 펼쳤다. 이와 더불어 2009년 시행된 '울산녹색성장추진계획'에서 유휴토지의 조림 및 숲가꾸기 사업을 통해 유휴토지 40.63km²(조림 0.6km², 숲가꾸기 40.03km²)의 복구사업을 실시하였고, 에코폴리스 울산과 연동한 녹색사회 조성 전략에서는 국가산업단지 주변 완충녹지 조성사업을 통해 남구 21,000㎡ 토지에 5000본을 식재하였다.

도시숲 조성사업으로는 도심에 녹색쌈지공원 7개소(37천㎡)와 산림공원 2개소(66천㎡)를 설립하고 1,037본의 가로수 식재를 완료하였다(UDI, 2008; UDI, 2014).

시행된 녹지관리사업과 그 휘하 추진내용에 비추어 보았을 때 울산광역시는 조림사업, 완충녹지 조성사업, 근린공원조성사업, 그리고 태화강변 생태공원 조성사업 등을 활발하게 진행시켰다. 이러한 지방정부 자체적 노력에 힘입어 울산광역시 녹지는 다시 회복하는 경향을 띠게 되었다. 2005년 인당 8.7㎡이었던 울산광역시 생활권 도시림은 2011년 15.02㎡으로 증가해 전국 대비 88.9% 높게 조성되었다(UDI, 2013). 녹지면적의 큰 증가를 이루어낸 울산시는 산업도시에서 환경도시로 변모한 성공적인 사례로 평가받고 있다(Lee et al, 2014).

III. 연구방법

1. 토지피복분류 및 정확도 평가

본 연구에서 울산광역시 녹지피복지도, 시가지 피복지도, 그리고 하천피복지도 구축을 위해 사용한 위성영상 연도는 다음과 같다: 1985.10.07, 1992.10.26, 2000.05.25, 2008.05.31, 2015.06.04. 앞 네 시기의 영상은 USGS에서 제공하는 LANDSAT 4-5 TM 영상을 사용하였으며, 2016년도의 경우 LANDSAT 8 OLI/TIRS 위성영상을 이용했다. 해당 시기 영상이 여타 다른 영상보다 윤곽이 적어 토지피복 분류에 가장 적합했다. 분류는 ArcMap 10.3.1을 이용하여 진행하였다.

분류는 무감독분류(unsupervised classification)를 기초로 수행되었다. 무감독 분류는 분광 유사성이 높은 픽셀을 다수 그룹으로 클러스터링 후 각 그룹을 사용자가 분석하며 분류하는 방법이다. Landsat 영상 분류에 가장 효율적인 60개 클래스를 사용하였다(Yang&Lo, 2002). 다만, 무감독분류 결과가 정확도가 높지 않다고 판단될 경우 감독분류(Maximum Likelihood)와 객체 기

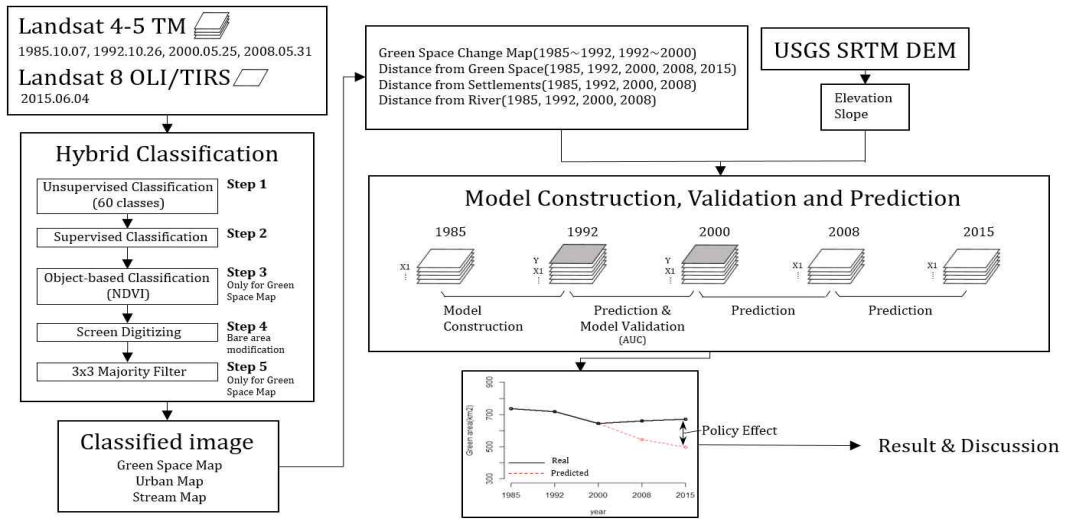


Figure 2. Workflow of the Research

반(object-based) 분류 기법을 모두 사용하는 혼용(hybrid) 기법을 도입하여 지도를 분류하였다 (Lo&Choi, 2004; Hong et al, 2008; Kamusoko &Aniya, 2009).

녹지도도 분류의 경우 객체기반 분류로 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)를 추가적으로 사용했다. 일반적으로 NDVI 값이 0.5 이상인 곳을 녹지로 분류하지만, 이는 위성영상별 분광 특성이 다르다는 점에서 일관성 있는 결과를 도출하지 못했다. 그러므로, 영상을 natural breaks를 사용해 네 가지로 나눈 후 가장 큰 값을 가진 범위를 녹지로 분류하였다(Nath, 2014). 또한, 나지 지역이 반사도가 높아 시가지로 오분류가 나는 곳이 존재했다. 이를 보정하기 위하여 자연나지와 농지나지는 시가지에서 제외해 인공나지(공사장, 학교운동장)만 시가지로 분류되도록 수정하였다. 이와 더불어, EGIS가 제공하는 세분류 토지피복도를 사용해 현재 농지는 시가지 분류지도에서 제외하였다.

분류에 사용되는 감독 분류, 무감독 분류 그리고 객체기반 분류는 모두 셀 기반 분류로 소금과 후추(salt and pepper) 형태의 결과물이 나오는 경향이 존재한다. 또한, 한 픽셀의 대상지에 존

재하는 각기 다른 피복의 분광 특성이 섞임에 따라 분류 시 경계 오류(boundary error)가 일어난다(Lo&Choi, 2004). 이러한 경향을 보정해 주기 위해 녹지지도의 경우 3×3 majority filter를 이용해 보정해주었다(Kamusoko&Aniya, 2009).

분류된 모든 지도는 내용 검수를 통해 오분류된 곳은 없는지 확인 후 육안판독을 통한 디지털 이징 방법(screen digitizing)을 통해 수정되었다.

완성된 피복지도 분류정확도는 환경부 토지피복지도 작성지침의 ‘대분류 토지피복지도 분류정확도 평가 방법 및 기준’을 따라 평가되었다. 분류정확도 평가단위는 축척 1:50,000 도곽으로, 각 도곽을 1분 간격 격자를 생성하여 격자 중심에 위치한 픽셀을 기준으로 분류정확도 평가를 수행하였다. 최종 분류정확도는 아래 공식을 적용하여(식 (1),(2),(3)) 평가하였다. 평가 기준자료는 해당 위성영상을 참조하였으며, 평가가 모호한 표본은 시계열 분석을 통해 수행하였다.

2. 환경변수 구축

로지스틱 회귀모델 구축에 들어가는 종속변수는 녹지피복지도로, 각 연도 녹지와 한 시기 전 녹지를 비교하여 녹지가 사라진 곳은 1 그리

$$AC_{grid1}\% = \frac{Sample\ Num_{grid1} - Error\ Num_{grid1}}{Sample\ Num_{grid1}} \times 100\% \quad (1)$$

$$AC_{grid2}\% = \frac{Sample\ Num_{grid2} - Error\ Num_{grid2}}{Sample\ Num_{grid2}} \times 100\% \quad (2)$$

$$Final\ Classification\ Accuracy; AC\% = \frac{AC_{grid1}\% + AC_{grid2}\% + \dots + AC_{gridN}\%}{N} \times 100\% \quad (3)$$

고 유지된 곳은 0 값을 부여한 지도이다. 독립변수는 총 다섯 가지이다: 녹지경계부와의 거리, 시가지와의 거리, 하천과의 거리, 경사 그리고 고도. 녹지의 경계부는 녹지 중심부보다 파괴가능성이 높은 지역이며, 시가지지역은 주변 개발을 가속한다(Ludeke et al, 1990). 하천변 지역의 경우 용업농수와의 근접성으로 농지가 확장될 가능성이 큰 곳이며, 경사와 고도 같은 지형적 요소는 녹지와 산림파괴에 강한 상관성을 가지고 있다(Kumar et al, 2014).

앞서 분류된 녹지와 시가지지도를 이용하여 녹지와의 거리와 시가지와의 거리를 구축하고, 경사와 고도는 USGS에서 제공하는 SRTM 수치표고모델(Digital Elevation Model; DEM) 30m 자료를 이용해 구축했다.

3. 상관분석

다중회귀분석 수행 시 종속변수와 독립변수 사이와 독립변수 간 상관분석은 필수적이다. 종속변수와 독립변수의 상관성 분석의 경우 독립변수가 종속변수에 대한 설명력이 있는지 검증하는 데 필요하며, 독립변수 간 상관성 분석은 다중공선성(multicollinearity) 존재 여부를 확인하는 데 필요하다. 다중공선성 존재 시 모델 정확도와 통계적 유의도가 감소하므로(Kim et al, 2014), 회귀모델 구축 전 해당 상관관계 검토는 필수적이다.

종속변수와 설명변수 간 상관분석은 Cramer's V를 사용하였다. Cramer's V는 양적(quantitative)

변수와 질적(qualitative) 변수 간 상관관계를 측정할 수 있다는 장점을 갖고 있으므로 종속변수와 독립변수 간 상관성 추정에 적합하다(Kumar et al, 2014). 이는 카이제곱검정(χ^2) 값을 0과 1 사이로 변환한 통계량으로, 0에서 1로 증가할수록 상관관계가 높다는 것을 의미한다. Cramer's V가 0.20보다 높을 경우 강한 상관성을 의미한다(Akoglu, 2018). 독립변수 간 상관분석은 Pearson's Coefficient를 사용하였다.

4. 로지스틱 회귀모델

로지스틱 회귀모델은 결괏값이 0에서 1까지 통계량으로 도출되어 독립변수를 이용하여 어떠한 사건의 발생(1)과 비발생(0)을 예측하는 것에 적합한 통계 기법이다(Chae et al, 2004). 이와 더불어 시그모이드(sigmoid) 형태 모형을 로짓 변환(logit transformation)을 통해 직선식으로 만들어 이용될 수 있다. 로짓 변환된 식의 값은 다시 변환계산을 통해 최종 확률값으로 도출 가능하다(Jalkanen&Matiila, 2000) (식 (4), (5)). 회귀모형 구축은 R(version 3.6.1)을 이용하였다.

1985년 다섯 가지 독립변수와 1985년과 1992년 사이의 녹지파괴지도를 사용하여 회귀모델을 구축하였다. 구축된 모형은 1985년과 1992년 사이의 녹지파괴 경향성을 다섯 가지 독립변수로 표현한 관계식에 해당한다. 이 관계식에 1992년 독립변수를 이용해 2000년 녹지파괴확률지도 결과와 실제 2000년 녹지파괴지도와 비교함으로써 회귀모델 적합도와 예측도를 평가했다. 이를 위해

AUC(Area Under Curve)와 McFadden pseudo- $R^2(pR^2)$ 을 사용하였다. pR^2 은 로짓 모델이 구축자료에 얼마나 잘 적합 되었느냐를 알려주는 지수이며(Menard, 1995), AUC/ROC 방법은 임계값에 독립적으로 모델을 평가할 수 있다는 이점을 갖고 있어 많이 사용되는 예측도 검증 방법이다(Manel&Ormerod, 1999). pR^2 의 경우 0.02보다 큰 값을 가진다면 좋은 적합도를 의미하며(Hensher & Johnson, 1981), 0.7보다 큰 AUC 값은 모델이 충분한 예측력을 가지고 있다는 것을 의미한다(Linkie et al, 2004).

$$\text{logit}(p) = \log_e\left(\frac{p}{1-p}\right) \quad (4)$$

$$\text{logit}(p) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \quad (5)$$

5. 정책효과 정량화

로지스틱 회귀모델의 예측 확률값을 0과 1 값으로 표현해 주기 위해선 적절한 임계값(cut-off value) 선택이 중요하다. 가장 범용적인 방법은 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity)를 이용하는 것으로, 두 지수 합의 최대지점을 사용하거나 두 값이 동일한 지점을 사용하는 방법이 존재한다(Freeman&Moisen, 2008). 하지만 이는 예측발생빈도가 구축데이터의 1의 값 발생 빈도에 독립적이지 못하다는 문제점을 갖고 있다. 즉, 1에 해당하는 사건의 발생 빈도가 매우 희박한 경우를 예측하기 위해 민감도와 특이도를 이용한 임계값 도출 방법 사용 시 사건 발생의 과추정으로 이어진다. 그러므로, 낮은 발생빈도를 갖는 로지스틱 모델의 경우 Kappa 지수 혹은 사건의 빈도수(Prevalence)를 기준으로 한 임계값을 사용해야 한다(Manel&Ormerod, 2001; Freeman&Moisen, 2008). 본 연구에서 녹지파괴의 경우 0.04의 발생빈도를 갖고 있으므로, Kappa 지수 최대지점과 prevalence 동일지점을 사용해 울산광역시 환경정책 효과를 정량화 후 평균값을 도출하였다. R PresenceAbsence 패키지(Freeman&Moisen, 2008)를 사용해 두 임계값

을 계산하였다.

2008년 예측녹지지도는 2000년 변수들을 사용하여 구축하였으며, 2015년 녹지지도의 경우 앞서 도출된 2008년 예측녹지지도를 이용해 녹지와의 거리변수를 새로 구축 후 사용하였다. 나머지 시가지와의 거리는 실제 분류된 2000년과 2008년 시가지지도를 사용해 도출하였으며 경사와 고도는 같은 SRTM 데이터를 사용하였다. 2008년과 2015년의 예측된 미래 녹지지도와 실제 해당 연도 녹지면적의 수치 비교를 통해 환경정책 효과를 정량화했다. 위 과정을 Kappa 지수 최대지점과 prevalence 동일지점으로 두 번 수행해 두 결과의 평균값을 계산하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 토지피복분류 및 분류정확도 평가 결과

LANDSAT TM 4-5와 8 OLI/TIRS 영상을 이용한 녹지와 시가지지도 분류 결과는 부록 (2)와 같다. 다섯 년도 녹지지도 분류 결과 울산 녹지면적은 1985년 734.71km²에서 2000년에 643.5km²까지 감소하였다. 그 후 녹지면적은 다시 증가하기 시작하여 2008년 661.6km² 그리고 2015년 670.27km²로 분류되었다. 시가지면적의 경우 1985년 44.1km²로 시작해 연도가 증가할수록 85.50km², 115.96km² 그리고 144.02km²로 꾸준히 증가했다.

모든 분류지도의 전체 분류정확도(overall)는 90%보다 높게 나와 유의미한 분류가 되었음을 의미하므로, 이를 이용해 로지스틱 회귀모형에 들어가는 녹지경계, 시가지 그리고 하천과의 거리 변수를 구축하였다(Table 1,2).

2. 상관분석 결과

독립변수 사이 상관분석 결과는 Table 3과 같다. 각 상관성 계수 모두 0.7을 넘지 않아 각 변수 간 유의미한 다중공선성은 없다고 판단하여(Green, 1979) 5개 독립변수 모두 회귀모델에 사용하였다. 종속변수와 독립변수 간 Cramer's V 결과 또한

Table 1. Classification Accuracy of Green Space Binary Map

Year	Error Matrix				
	Classified	Reference			
		Non-Green space	Forest	Total	
1985	Non-Green space	90	16	106	Overall=92.0%, Producer's(%) (Non-Green space=86.5%, Green space = 94.1%), User's(%) (Non-Green space=84.9%, Green space =94.8%), K_{hat} =80.2%
	Forest	14	256	270	
	Total	104	272	376	
1992	Non-Green space	95	17	112	Overall=93.1%, Producer's(%) (Non-Green space=91.3%, Green space=93.8%), User's(%) (Non-Green space=84.9%, Green space=94.8%), K_{hat} =83.1%
	Forest	9	255	264	
	Total	104	272	376	
2000	Non-Green space	128	19	147	Overall=93.3%, Producer's(%) (Non-Green space=95.5%, Green space=92.1%), User's(%) (Non-Green space=87.1%, Green space=97.4%), K_{hat} =85.8%
	Forest	6	223	229	
	Total	134	242	376	
2008	Non-Green space	122	11	133	Overall=93.9%, Producer's(%) (Non-Green space=91.0%, Green space=95.5%), User's(%) (Non-Green space=91.7%, Green space=95.1%), K_{hat} =80.2%
	Forest	12	231	243	
	Total	134	242	376	
2015	Non-Green space	120	8	128	Overall=95.2%, Producer's(%) (Non-Green space=92.3%, Green space=96.7%), User's(%) (Non-Green space=93.8%, Green space=96.0%), K_{hat} =95.2%
	Forest	10	238	248	
	Total	130	246	376	

Table 2. Classification Accuracy of Settlement Binary Map

Year	Error Matrix				
	Classified	Reference			
		Non-Settlement	Settlement	Total	
1985	Non-Settlement	353	4	357	Overall=98.4%, Producer's(%) (Non-Settlement=99.4%, Settlement=81.0%), User's(%) (Non-Settlement=98.9%, Settlement=89.5%), K_{hat} =84.2%
	Settlement	2	17	19	
	Total	355	21	376	
1992	Non-Settlement	338	8	346	Overall=96.5%, Producer's(%) (Non-Settlement=98.5%, Settlement=75.8%), User's(%) (Non-Settlement=97.7%, Settlement=83.3%), K_{hat} =77.5%
	Settlement	5	25	30	
	Total	343	33	376	
2000	Non-Settlement	322	12	334	Overall=96.5%, Producer's(%) (Non-Settlement=99.7%, Settlement=77.4%), User's(%) (Non-Settlement=96.4%, Settlement=97.6%), K_{hat} =84.4%
	Settlement	1	41	42	
	Total	323	53	376	
2008	Non-Settlement	317	9	326	Overall=96.5%, Producer's(%) (Non-Settlement=98.8%, Settlement=83.6%), User's(%) (Non-Settlement=97.2%, Settlement=92.0%), K_{hat} =85.6%
	Settlement	4	46	50	
	Total	321	55	376	

Table 3. Pearson Correlation Coefficients among Dependent Variables

	Distance from green space	Distance from settlement	Distance from river	Slope	Elevation
Distance from green space	1	0.532	0.267	0.386	0.692
Distance from settlement		1	0.272	0.228	0.316
Distance from river			1	0.255	0.525
Slope				1	0.467
Elevation					1

Table 4. Cramer's V Result

Explanatory Variable	Cramer's V
Distance from green space	0.40
Distance from settlement	0.27
Distance from river	0.24
Slope	0.29
Elevation	0.29

모두 강한 상관관계를 갖는다고 나왔으므로 다섯 가지 변수를 모두 독립변수로 사용하였다.

3. 로지스틱 회귀모델

1985년 녹지와 시가지지도를 이용해 만든 세 개의 거리변수와 두 개의 지형 변수를 독립변수로, 그리고 1985년에서 1992년 사이의 녹지파괴지도를 종속변수로 넣어 로지스틱 회귀모형을 완성한 결과는 부록 (3)과 같다. 모델 구축 결과 하천과의 거리의 p-value가 높게, 즉 해당 독립변수의 유의도가 낮게 나왔으므로 모델에서 제외했다.

하천과의 거리 변수를 제외하고 총 4개 변수를 사용하여 로지스틱 회귀모형 분석 결과, 네 변수 중에서 경사 상수의 절댓값이 가장 커 경사가 녹지파괴에 가장 많은 영향을 주는 인자로 나타났다 (Table 5). 또한, 모형에서 고도를 제외

한 변수 모두 음수의 계수로 추정되었다. 이는 독립변수 값이 증가할수록 녹지가 파괴될 확률이 낮아진다는 것을 의미한다. 즉, 녹지경계부와 시가지와의 거리가 가까울수록 그리고 경사가 낮을수록 개발될 확률이 커진다는 것을 나타낸다. 이와 반대로, 고도의 경우 계수가 양수로 도출되었으므로 고도가 높을수록 개발될 확률이 높다고 나타났다. 이를 설명하기 위하여 1985년과 1992년 사이 녹지파괴지역의 고도와 경사를 도수분포표로 분석하였을 때, 경사는 값이 0인 평지지역이 가장 많이 개발되었지만, 고도는 값이 0인 지역보다 값이 높은 곳이 더욱 개발되었다고 나타났다(Figure 2). 이러한 경향은 1992년과 2000년 사이에 파괴된 녹지지역에서도 보였다(Figure 3). 즉, 경사의 경우 낮은 곳이 우선적으로 개발되지만, 고도는 울산 서쪽 산지에 위치한 배내골 펜션촌과 같이 고도가 높은 지역도 개발되는 경향성이 모델에 반영되어 고도의 계수가 경사와 달리 양수로 추정되었다.

회귀 식의 적합도를 평가하기 위해 계산된 pR^2 은 0.237로 산출되었으며, AUC는 0.89로 도출되었다. 이는 실제 데이터의 약 89%를 옳게 예측한다는 것을 의미한다.

Table 5. Logistic Regression Model Result without Distance from River Variable

	Coefficient	Std. Error	z value	p-value
Intercept	1.541e-01	1.187e-02	12.981	<2e-16***
Distance from green space	-8.493e-03	7.423e-05	-144.407	<2e-16***
Distance from settlement	-7.489e-04	0.335e-05	-56.090	<2e-16***
Slope	-9.103e-02	7.969e-04	-114.237	<2e-16***
Elevation	2.960e-04	5.466e-05	5.415	6.12e-08***

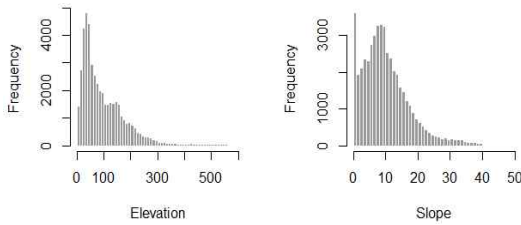


Figure 3. Histogram Analysis on Geomorphic Variables between 1985-1992

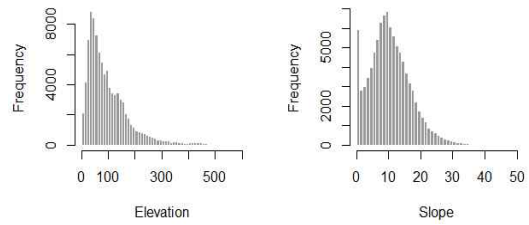


Figure 4. Histogram Analysis on Geomorphic Variables between 1992-2000

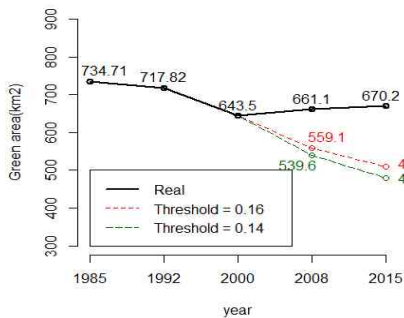


Figure 5. Real and Predicted Green Area Dynamics in Ulsan Metropolitan City

unit:km ²	2008	2015
Predprev = Obs(0.16)	121.5	191
Maximizing Kappa(0.14)	102	159.9
Average	111.75	175.45

Table 6. Quantification of Environmental Policy Effect

4. 정책효과 정량화

Kappa 지수 최대지점 임계값은 0.14, 그리고 prevalence 동일지점 임계값은 0.16으로 도출되었다. 각 기준에 따른 울산광역시 환경정책 녹지보전 측면 효과는 Table 6과 같다. 임계값 0.14의 경우 2008년과 2015년의 녹지면적을 각 539.6km²와 479.2km²로 예측했으며, 임계값 0.16의 경우 559.1km²와 510.3km²로 예측했다. 즉, 울산광역시 환경정책의 녹지관리효과는 2008년에 각 121.5km²와 102km²로, 2015년에는 191km²와 159.9km²로 계산되어 평균적으로 111.75km²과 175.45km²의 효과를 가졌다고 나타났다.

5. 녹지지도를 이용한 울산광역시 2000년 이후 녹지변화 분석

분류된 녹지지도를 이용하여 2000년과 2015년 울산광역시 녹지분포를 비교하였을 때, 녹지증가는 소규모지만 넓은 지역에 분포하는 산발

적 양상을 띠었으며 주로 산림 외곽지역과 하천 주변에 나타났다. 녹지파괴의 경우도 녹지증가와 유사하게 산림 외곽부에서 대부분 일어났으나 대규모 파괴 지역이 있다는 점이 녹지증가와 달랐다. 이는 도로나 산업단지와 같은 계획된 개발로 기인하여 선형 혹은 면형의 형태를 가졌다(Figure 6).

위와 동일한 시간 범위에서 동 단위로 각 행정구역의 녹지증가율과 녹지감소율을 분석하였다. 녹지증가 및 파괴 절대량은 울주군 내 행정구역들이 가장 큰 값을 가졌으나, 각 행정구역 내 총 녹지면적으로 나누어 그 변화율을 보았을 때 남구, 중구와 같이 행정구역은 소규모지만 거주인구가 많은 지역이 녹지변화가 가장 컸다. 이를 통해 녹지의 변화는 인구 집중 지역과 경제활동이 큰 지역에 집중되어서 일어난다는 것이 관찰되었다. 또한, 환경정책은 대부분 환경이 많이 훼손되고 인구가 많은 행정구역에 집중되

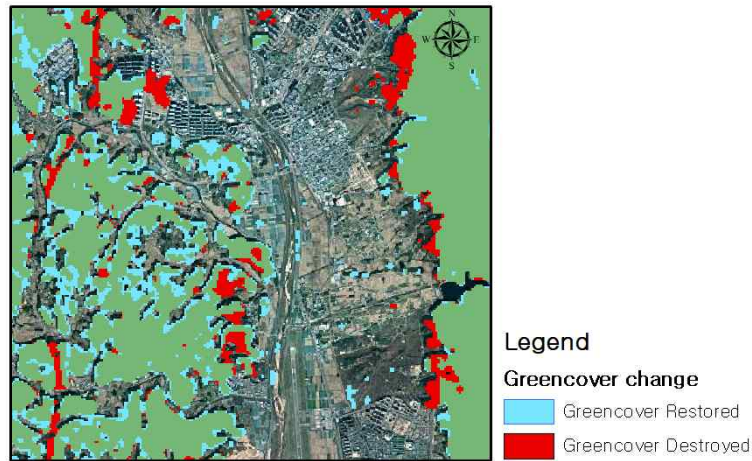


Figure 6. Spatial Distribution Characteristic of Green Space Restoration and Destruction(Bukgu)

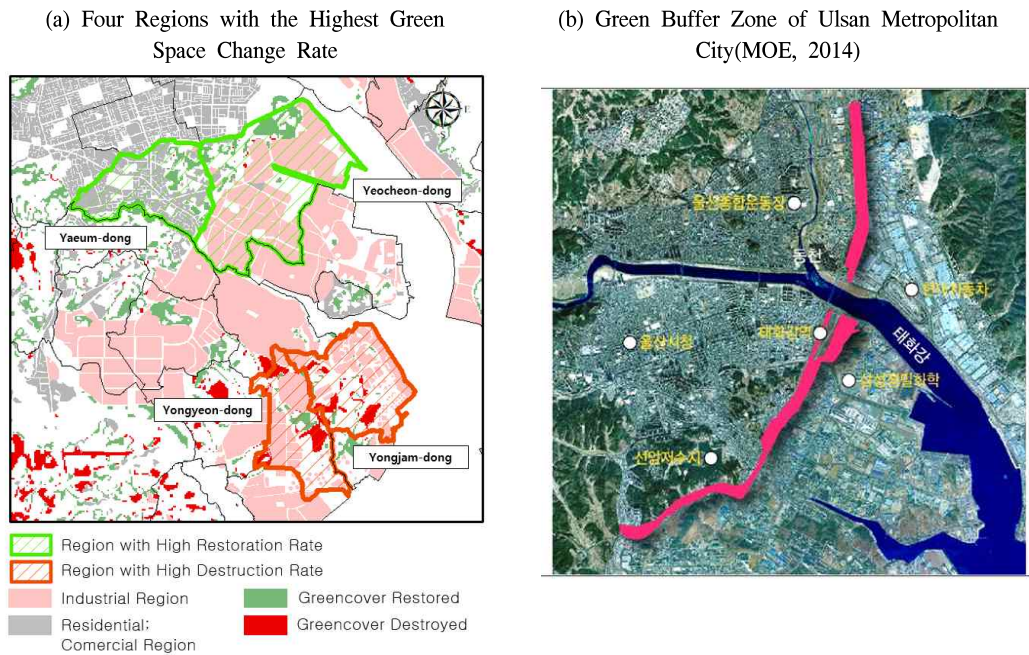


Figure 7. Green Space Change and Green Buffer Zone

어 진행되었다는 것을 알 수 있으며, 시가지 주변 근린공원, 완충녹지, 가로수와 같은 녹지조성 환경정책이 효과적으로 시행되었다.

가장 높은 녹지증가율을 가진 세 구역은 중구 학성동, 남구 여천동, 남구 야음동이였다. 중구 학성동의 경우 근린공간 녹화를 통해 기존에 존

재하던 학성공원과 산의 녹피율이 증가하였다. 남구 여천동은 울산미포국가산업단지 지역이며, 야음동은 여천동 서쪽에 위치한 지역이다. 두 행정구역 모두 산업단지에서 배출되는 유해물질 확산을 줄이기 위해 미포국가산업단지와 주거지역 사이에 설치된 완충녹지(남구 상개동~북

구 연암동)를 포함하고 있다(MOE, 2014)(Figure 7). 여천동은 7호 광장 주변 완충녹지를 포함하며 야음동은 변전소사거리 완충녹지를 포함한다. 2000년에서 2015년 사이 여천동은 517,500 m²의 녹지가 그리고 야음동은 292,500 m²의 녹지가 완충녹지로 조성되어 높은 녹지증가율이 나타났다.

이와 반대로 높은 녹지파괴율을 가진 동은 남구의 용연동, 용잠동 그리고 중구의 서동이었다. 앞두 지역은 행정구역 전체가 미포국가산업단지에 해당하는 곳으로, 각각 573,300 m²과 308,700 m²의 녹지가 파괴되고 그 자리에 추가적인 시가지가 조성되었다. 앞선 여천동과 야음동과 차별점은 완충녹지가 포함되지 않은 행정구역이라는 점이다. 또한, 중구 서동의 경우 울산 우정혁신도시의 대상지로 58,500 m²의 녹지가 파괴되고 대규모 아파트단지가 들어서 높은 녹지파괴율이 도출되었다.

V. 결론

본 연구는 녹지와 의 거리, 시가지와의 거리, 경사, 그리고 고도를 독립변수로 하여 1980년대 울산광역시 녹지파괴 경향성을 가진 로지스틱 회귀모형을 완성하였다. 구축된 모형을 이용하여 2000년 이후 시행된 울산 환경정책 녹지관리 효과를 정량화하였다. 기존 시작과 끝 시점의 단순한 녹지면적 수치 비교 정량화가 아닌, 정책이 시행되지 않았을 때를 가정하여 녹지보전 효과를 정량화하는 방법을 도입하였다. 그 결과 울산광역시 환경정책은 8년간 111.75 km²와 15년간 175.45 km²의 녹지관리효과를 가졌다고 도출되었다.

로지스틱 회귀모형을 이용한 환경정책 효과 정량화는 다양한 분야를 대상으로 수행되는 환경계획 특성을 반영한 통합적 녹지관리효과 측정을 가능하게 한다. 즉, 단순히 환경계획 내부의 녹지 복원 사업 효과 정량화에 그치는 것이 아니라 그 외 수질 및 대기질 분야 개선이 직·간접적으로

녹지에 미치는 영향을 포함하여 정책의 효과를 분석할 수 있다. 더 나아가 녹색생활 문화의 확산, 자연보전 교육과 홍보, 그리고 기존 산업단지의 생태산업단지(Eco-industrial Park)로의 재정비와 같은 활동들이 민간과 기업에 미친 녹지 중요성 인지 및 녹지파괴에 대한 심리적 저지 영향도 포함하여 정책의 효과를 볼 수 있다. 이러한 방법은 앞으로 국가 및 지자체의 심층적 환경정책 평가에 유용하게 활용될 수 있을 것이며, 향후 여러 지자체의 다양한 환경정책 중 녹지 보전 효과가 뛰어난 환경정책을 파악하는 과정에 활용될 것으로 기대된다.

환경정책 도입 전후 녹지증가 및 감소율에 대한 시계열 분석 결과, 공업단지가 포함된 행정구역이 가장 높은 녹지파괴율을 가졌다. 이는 공업·산업단지와 같은 경제활동 지구 인근에 있는 녹지가 높은 대규모 파괴 확률을 가진다는 것을 보여준다. 하지만, 공업단지 지역임에도 불구하고 높은 녹지증가율을 나타내는 행정구역이 존재했는데, 해당 지역은 완충녹지 조성사업 대상지를 포함하는 곳이었다. 이를 통하여 울산시의 환경계획의 수립 및 시행이 도시 녹지조성에 성공적인 성과를 이루었으며 환경계획은 효과적인 도시녹지 조성방안이라는 것을 알 수 있다.

울산광역시의 공업도시에서 친환경도시로의 전환 성공 요인으로 울산시는 비법정계획 ‘에코폴리스 울산계획’ 도입으로 인한 유연한 정책 집행을 꼽고 있다(Lee et al, 2014; UDI, 2014). 법적 조항에 근거한 계획과 달리 해당 지자체의 의지가 표현된 비법정계획은 그 유연성과 집행성에 있어서 법정계획보다 더욱 그 효과가 뛰어나며, 해당 지역의 특성과 필요성에 따라 집행 가능하다는 장점이 있다. 그러므로, 개발로 인해 녹지파괴 및 다양한 환경문제를 겪고 있는 다른 자치단체에서도 그 지자체에 맞는 환경 분야 비법정계획 도입을 통해 성공적인 녹지 조성을 달성하는 것이 바람직하다.

본 연구에는 다음과 같은 한계점이 존재한다.

첫째, 1980년대와 1990년대의 개발 속도는 2000년대와 2010년대의 개발 속도와 달라 같은 연도 범위를 기준으로 평가했을 시 평가가 정확하게 이루어지지 않을 수 있다. 둘째, 본 연구에서는 환경정책의 효과를 분류를 통한 녹지면적 변화량으로 정의하였다. 하지만 녹지면적 변화에는 환경정책 녹지관리사업뿐만 아니라 자연적 천이 과정도 기여하는데, 이처럼 시간이 흐르며 증가하는 활력 및 녹피율은 고려하지 못하였다. 향후 자연적으로 증가하는 수목 활력도와 엽면적지수(LAI)와 같은 질적 변화를 고려한 환경정책 녹지관리 효과 분석 연구 수행이 필요하다. 마지막으로, 울산 녹지개발의 일부는 자연스러운 도시 확장이 아닌 재개발과 같은 계획적 도시개발에 기인한다. 그 대표적인 예로 1990년대의 토지구획정리 사업이 있다. 울산광역시는 산림의 외곽부가 아닌 중구 함월산 중턱의 그린벨트를 해제하고 성안지구를 개발하였다. 이러한 인위적 개발은 본 연구에서 포함하는 네 가지의 자연적 변수로는 설명할 수 없는 현상이므로 예측 불가능하다. 그러므로, 향후 연구에서는 회귀모형 구축에 사회경제변수를 통합해 더욱 더 높은 정확도를 가진 모델을 구축함으로써 환경정책의 녹지관리효과를 더욱 정확하게 평가하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

- Abreu, A.L.S., Oliveira Gaspar, R., Oliveira Lima, M.B., Nappo, M.E. and Trondoli, E.A.. 2017. Use of Logistic Regression Model for Prediction of Non-Timber Forest Products. *American Journal of Plant Sciences*. 8 : 2847-2859.
- Ali Akbar Jafarzadeh and Saleh Arekhi. 2012. Analyze and Predict Processes of Deforestation using Logistic Regression and GIS (a case study of northern ilam forests, ilam province, Iran). *Elixir Agriculture*. 44 : 7104-7111.
- Amiya Gyaen and Sunil Saha. 2018. Deforestation Probable Area Predicted by Logistic Regression in Pathro River Basin: a Tributary of Ajay River. *Spatial Information Research*. 26(1) : 1-9
- Anneli Jalkanen and Ulla Matilä. 2000. Logistic regression models for wind and snow damage in northern Finland based on the National Forest Inventory data. *Forest Ecology and Management*. 135 : 315-330.
- Baek SA · Cho KH · Hwang JS · Jung DH · Park JW · Choi BK and Cha DS. 2016. Assessment of Slope Failures Potential in Forest Roads using a Logistic Regression Model. *Journal of Korean Forest Society*. 105(4) : 429-434. (In Korean with English Summary)
- Biswajit Nath. 2014. Quantitative Assessment of Forest Cover Change of a Part of Bandarban Hill Tracts Using NDVI Techniques. *Journal of Geosciences and Geomatics*. 2(1) : 21-27.
- C. Kamusoko and M. Aniya. 2009. Hybrid classification of Landsat data and GIS for land use/cover change analysis of the Bindura district, Zimbabwe. *International Journal of Remote Sensing*. 30(1) : 97-115.
- C.P. Lo Corresponding author and Choi JM. 2004. A hybrid approach to urban land use/cover mapping using Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) images. *International Journal of Remote Sensing*. 25(14) : 2687-2700.
- Chae BG · Kim WY · Cho YC · Kim KS · Lee CO and Choi YS. 2004. Development of a Logistic Regression Model for Probabilistic Prediction of Debris Flow. *The Journal of Engineering Geology*. 14(2) : 211-222. (In

- Korean with English Summary)
- Cho YH and Jo HK. 2002. A Study on Effects of Vegetation Cover on Atmospheric Purification in Seoul, Korea. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*. 5(4) : 51-60. (In Korean with English Summary)
- Eastman J.R. 2006. *IDRISI 15 Andes. Guide to GIS and image processing*. Clark University, Worcester, MA.
- Elizabeth A. Freeman and Gretchen G. Moisen. 2008. A comparison of the performance of threshold criteria for binary classification in terms of predicted prevalence and kappa. *Ecological Modelling*. 217 : 48-58.
- Freeman, E. and Moisen G. 2008. Presence Absence: an R package for presence-absence analysis. *Journal of Statistical Software*. 23 : 11.
- Green, R.H. 1979. *Sampling Design and Statistical Methods for Environmental biologists*. Wiley, New York.
- Haldn Akoglu. 2018. User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*. 18 : 91-93.
- Hensher, D.A. and Johnson, L.W. 1981. *Applied Discrete Choice Modelling*. Croom Helm, London.
- Hong SY · Rim SK · Lee SH · Lee JC and Kim YH. 2008. Spatial Analysis of Agro-Environment of North Korea Using Remote Sensing. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 27(2) : 120-132. (In Korean with English Summary)
- Kim SJ · Lee JC · Kim JS and Roh TH. 2014. A Comparative Analysis of Landslide Susceptibility Using Airborne LiDAR and Digital Map. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*. 21(4-1) : 281-292. (In Korean with English Summary)
- Lee BD and Kim KH. 2013. Development of Large Fire Judgement Model Using Logistic Regression Equation. *Journal of Korean Forest Society*. 102(3) : 415-419. (In Korean with English Summary)
- Lee SH · Suh JH and Cho HJ. 2014. Outcomes and Evaluations of Ulsan Eco-city Model. *Journal of Environmental Science International*. 23(6) : 1111-1120. (In Korean with English Summary)
- Lee SY · Kim JH · Won JY and Park HS. 2006. Ulsan Eco-Industrial Park Development by Promotion of Industrial Symbiosis. *Korean Society of Environmental Engineers*. 12 : 578-583. (In Korean)
- Linkie M. · Smith R.J. and Leader-Williams N. 2004. Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity Conservation*. 13 : 1809-1818.
- Ludeke, A. K. · Maggio, R.C. and Reid, L.M. 1990. An analysis of anthropogenic deforestation using logistic regression and GIS. *Journal of Environmental Management*. 31 : 247-159.
- M. PIR Bavaghar. 2015. Deforestation modelling using logistic regression and GIS. *Journal of forest science*. 61(5) : 193-199.
- Menard S. 1995. *Applied Logistic Regression Analysis*. Sage University paper series on Quantitative Applications in Social Sciences. 106 : 98.
- Ministry of Environment(MOE). 2014. A Research on Planting Plan of Green Buffer Zone Near the National Industrial Complex in Ulsan city. (In Korean)

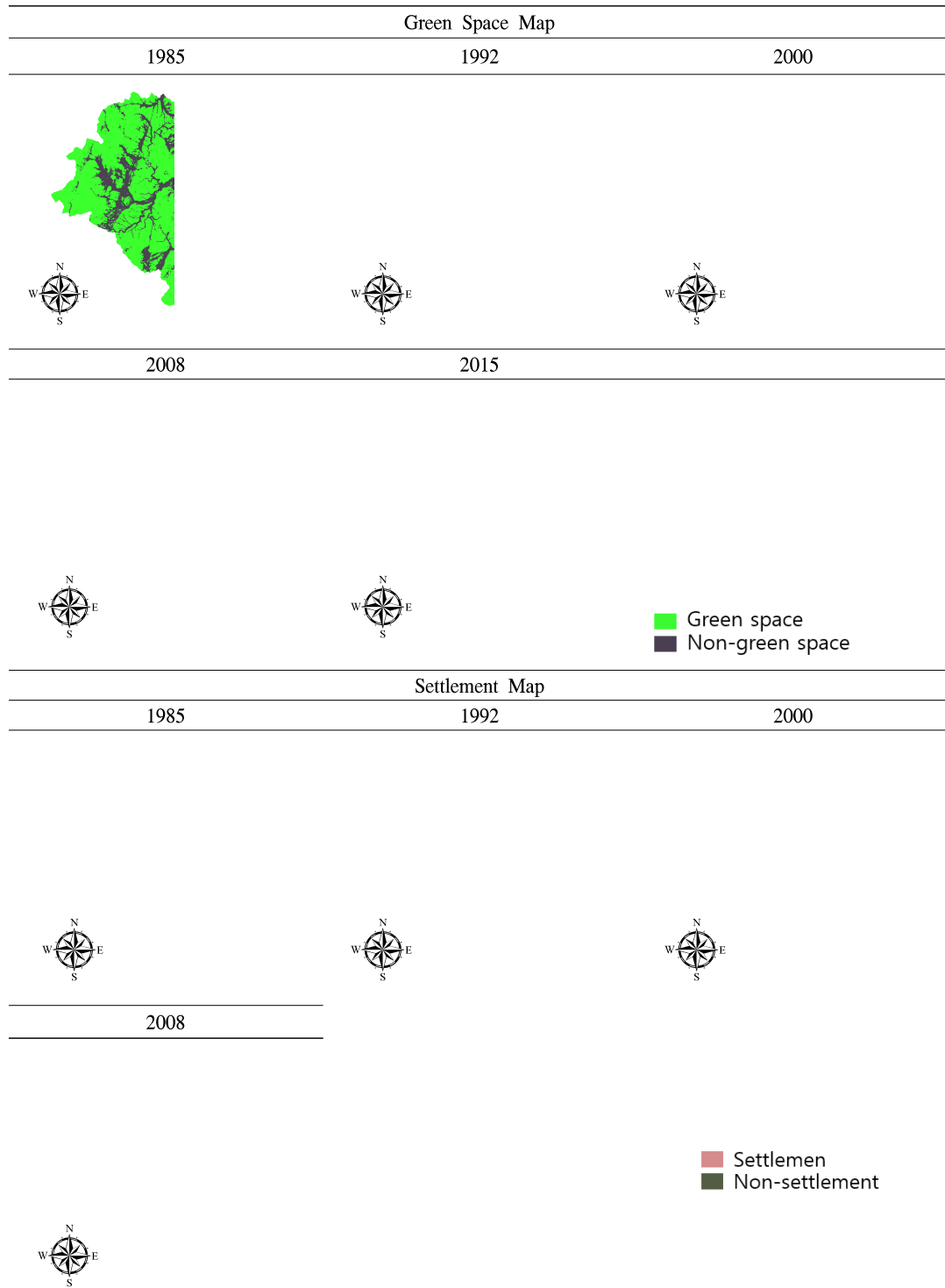
- Park MS and Youn YC. 2013. Development of urban forest policy-making toward governance in the Republic of Korea. *Urban Forestry & Urban Greening*. 12 : 273-281.
- Park MS and Youn YC. 2017. Reforestation policy integration by the multiple sectors toward forest transition in the Republic of Korea. *Forest Policy and Economics*. 76 : 45-55.
- Rakesh Kumar · S. Nandy · Reshu Agarwal and S.P.S. Kushwaha. 2014. Forest cover dynamics analysis and prediction modelling using logistic regression model. *Ecological Indicator*. 45 : 444-455.
- Stephanie Manel and Steve J. Ormerod. 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: The need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology*. 38 : 921-931.
- Sung OH. 2001. *Applied Logistic Regression Analysis*. Tamjin. Seoul. 334. (In Korean)
- Ulsan Development Institute (UDI). 2008. *Ecopolis Ulsan Modification Plan*. (In Korean)
- Ulsan Development Institute (UDI). 2013. *Performance Analysis on Ulsan Green Growth policy and Improvement Plan*. (In Korean)
- Ulsan Development Institute (UDI). 2014. 10 years after the declaration of Ecopolis Ulsan policy, Achievements and Assessments. Issue Report. (In Korean)
- Ulsan Metropolitan City(UMC). 2003. *The second Medium-term Environmental Conservation Plan(2004-2008)*. (In Korean)
- Ulsan Metropolitan City(UMC). 2005. *The second Natural Environment Conservation Action Plan(2005-2009)*. (In Korean)
- Ulsan Metropolitan City(UMC). 2008. *The third Medium-term Environmental Conservation Plan(2009-2013)*. (In Korean)
- Ulsan Metropolitan City(UMC). 2008. *White Paper of Environment*. (In Korean)
- X. Yang and C.P. Lo. 2002. Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. *International Journal of Remote Sensing*. 23(9) : 1775-1798.
- Yeon YK. 2011. Evaluation and Analysis of Gwangwon-do Landslide Susceptibility using Logistic Regression. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 14(4) : 116-127. (In Korean with English Summary)
- Yoon YH. 2003. Air Temperature Variation by Effect of Green Space Condition. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*. 6(1) : 28-33. (In Korean with English Summary)

[부록]

(1) Environmental policy implementation history in Ulsan Metropolitan city

종류	계획이름	시행 분야 및 사업 개수	녹지관리사업 추진사항	세부내용	출처
법정계획	제1차 자연환경보전실천계획 (2000-2004)	3개 분야 24개 사업	- 태화강생태공원조성 - 산림자원의 보전·관리 - 시 전역의 그린네트워크화 추진 - 환경동산조성 - 건강한 도시환경 창출 - 시민휴식공간 확충 - 울산대공원 조성 - 완충·경관녹지 조성 - 법 시민녹화운동 전개	- 태화지구 및 삼호지구 개장(38억7000만원 투자) 및 인근 태화강변 생태공원화 - 조림 및 육림사업 지속적 추진 - 담장, 방음벽, 콘크리트 옹벽 등에 벽면녹화 사업 시행 - 공해에 강하고 정화능력이 우수한 수종 4,214,618㎡에 496,541본 식재 - 가로수, 수벽, 도로소공원, 중앙분리대 녹화, 교통섬, 가로화단, 둔지 시민공원 등의 시설물에 녹지 확충 - 공원 217개소(2,899㎡) 조성 - 400억원을 투자해 11만평 규모의 공원 조성 - 완충녹지 110개소(4,547천㎡)와 경관녹지 55개소(1,047㎡) 조성 및 국가공단주변(140천㎡)과 고속도로 주변(15천㎡) 완충녹지 확충 - 범시민 식수 운동 시행	UMC, 2005
	제2차 환경보전 중기종합계획 (2004-2008)	10개 분야 90개 과제	자연환경 분야 - 공원과 녹지의 지속적 확충	-10개 분야 중 자연환경 분야에 33.4%의 재원을 투자	UMC, 2008
	제2차 자연환경 보전실천계획 (2004-2009)	4개 분야 22개 사업	자연생태계보전강화 분야 - 생물서식환경의 개선과 창출 - 산림자원의 보전·관리 자연경관보전강화 분야 - 태화강생태공원 조성	- 생태통로 조성 및 생물서식지의 복원과 창출 - 조림사업 및 산림병해충 방제대책 수립 - 자연휴양림, 수목원, 산림욕장 조성	UMC, 2005
	녹색성장추진계획 (2009-2013)	3대 전략 115개 사업	온실가스 감축을 통한 저탄소도시 구현 전략 - 십리대숲 조성 - 유희토지 조림 및 숲가꾸기 에코폴리스 울산을 통한 녹색사회 조성 전략 - 국가산업단지 주변 완충녹지 조성 - 도시숲 조성 - 태화강 대공원 조성·관리	- 유희토지 4,063ha(조림60ha, 숲가꾸기4,003ha)에 3,870백만원의 예산 편성하여 큰나무 조림, 재해복구 조림 실시 - 남구 두왕로~북구 연암동 구간 21,000㎡ 토지 보상과노티나무 외 21종의 수종 5,000본 식재 - 녹색함지공원 7개소 37천㎡, 가로수 10개소 1,037본, 산림공원 2개소 66천㎡ 조성 - 태화강 수변 조화 단지(16만㎡) 생태계복원 및 관리를 위해 우리꽃단지 조성(11,289㎡, 136,920본)	UDI, 2013
비법 정계획	에코폴리스 울산계획 (2004-2013)	10개 분야 110개 사업	녹지공간확보 분야 - 생태네트워크 구축 - 도심지 녹지공간 확충 - 산업단지 내 완충녹지 확충 - 학교 및 관광지 녹지공간 확대 자연생태계 보전·복원 및 생태공간 창출 분야 - 생태통로 조성 - 자연습지 보전 및 조성 - 다양한 생태공원 조성	- 도시녹화 5개년 계획으로 5,500천본 식재(358,171백만원) - 남구 상개동, 북구 연암동 일원 28천㎡ 식재 - 12천㎡ 면적의 수목원 조성 - 246천㎡ 면적의 간절곶 근린공원 조성 - 도시벽면 녹화사업으로 덩굴식물 543천본 식재 - 2열 가로수 식재사업으로 6개 노선(15.75km)에 2,630본 식재 - 아산로 중앙분리대 덩굴식물(8,000여본)을 이용한 담작 녹화 및 관목류 식재(반송 670본, 영산홍 25,000본) - 선암저수지 생태공원 연꽃군락지 조성 - 태화강 하구 겨울철새 서식지 역새밭(30,045㎡) 조성 - 태화강 수변 관찰로 조성	UDI, 2008 UDI, 2014

(2) Classification result



(3) Logistic regression model result with all five variables

	Coefficient	Std. Error	z value	p-value
Intercept	1.535e-01	1.234e-02	12.437	< 2e-16***
Distance from green space	-8.491e-03	7.471e-05	-113.655	< 2e-16***
Distance from settlement	-7.490e-04	1.338e-05	-55.998	< 2e-16***
Distance from river	3.964e-07	1.975e-06	0.201	0.841
Slope	-9.103e-02	7.971e-04	-114.214	< 2e-16***
Elevation	2.896e-04	6.341e-05	4.567	4.96e-06***