

## 지리정보시스템을 이용한 가야산국립공원의 잠재자연식생 추정

# Simulation Map of Potential Natural Vegetation in the Gayasan National Park using GIS

김보묵 · 양금철\*

공주대학교 건설환경공학부

Bo-Mook Kim and Keum-Chul Yang\*

Dept. of Civil & Environmental Engineering, Kongju National Univ., 275 Budaе-dong, Cheonan-si (330-717), Korea

Received 30 June 2017, revised 3 July 2017, accepted 3 July 2017, published online 3 July 2017

**ABSTRACT:** This study estimated potential natural vegetation in Gayasan National Park through the occurrence probability distribution by using geographic information system (GIS). in Gayasan National Park. Correlation and factor analysis were analyzed to estimate probability distribution. The presence of the Gaya National Park Vegetation survey results showed that 128 communities were distributed. The analyzed relationship between actual vegetation and distribution factors such as elevation, aspect, slope, topographic index, annual mean temperature, warmth index and potential evapotranspiration in Gayasan national park. The probability distribution of potential natural vegetation communities at least 0.3 odds were the advent of *Pinus densiflora* communities with the highest 55.80%, *Quercus mongolica* community is 44.05%, 0.09% is *Quercus acutissima* communities, *Quercus variabilis* communities are found to be 0.06%. If you want to limit the factors that affect the distribution of vegetation by factors presented in this study, the potential natural vegetation of the Gaya National Park was expected to appear in *Quercus mongolica* community (43.1%) and *Pinus densiflora* communities (56.9%).

**KEYWORDS:** Geographic information system (GIS), Potential natural vegetation, Warmth index, Topographic index

**요 약:** 본 연구는 가야산국립공원을 대상으로 지리정보시스템(Geometric Information System, GIS)을 이용 식생분포에 영향을 미치는 요인들을 분석하여, 식생분포 확률을 기초로 가야산국립공원의 잠재자연식생을 추정하였다. 가야산국립공원의 현존식생 조사 결과 128개의 군락이 분포하는 것으로 나타났다. 가야산국립공원의 고도, 경사, 사면방위, 지형지수, 연평균 온도, 온량지수, 잠재증발산량의 7개 요인을 중심으로 군락별 분포를 분석하였으며, 이를 바탕으로 분포확률을 추정하였다. 잠재자연식생의 분포 확률이 0.3이상인 군락은 소나무군락의 출현확률이 55.80%로 가장 높았으며, 신갈나무군락이 44.05%, 상수리나무군락이 0.09%, 굴참나무군락이 0.06%로 나타났다. 식생의 분포에 영향을 주는 요인을 본 연구에서 제시한 요인으로 한정할 경우 가야산국립공원의 잠재자연식생은 신갈나무군락(43.1%)과 소나무군락(56.9%)이 나타날 것으로 예측되었다.

**핵심어:** 지리정보시스템(GIS), 잠재자연식생, 온량지수, 지형지수

## 1. 서 론

식생형은 서식지 (산림, 임연, 노방, 습원, 하천, 염

생), 식생상관 (physiognomy) 또는 성장형 (growth form)에 의하여 구분하기도 하나, 상관과 성장형의 양식은 결국 식물종의 조성 (plant species composition)

\*Corresponding author: yangkc@kongju.ac.kr, ORCID 0000-0000-0000-0000

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

으로부터 나타난 결과로 이러한 식물종은 서식지가 다양할수록 다양하게 나타나고, 개별 시석지의 환경조건 (abiotic condition)뿐만 아니라 생물조건 (biotic condition)에 의해서도 식물공동체는 각기 다른 식물군락 형태로 발달하게 되는 것이다. 생물종의 분포와 환경요인과의 관계를 밝히는 것이 생태학 분야의 중요한 과제로 대두되고 있으며 (Woodward, 1987), 종 보전 및 종의 생태적 지위 (niche)를 파악하기 위해 종분포에 대한 전략적 예측을 위한 다양한 통계적 방법이 시도되고 있다. 특히 기후변화에 따른 생물종의 관리를 위해 통계적 회귀방법을 이용한 다양한 종분포 모델 (Species distribution models; SDMs)들이 개발되어 적용되고 있다 (Austin, 2007). 식생천이와 관련, 벌채, 조림, 산림관리, 답압 등의 인위적인 영향이 배제되었을 때 도달할 수 있는 식생이 잠재 자연 식생이며, 해당 지역의 자연조건을 대변하는 중요한 표현이다 (Elenbeg, 1988).

국내에서의 산림의 식생 천이와 잠재 자연 식생에 관련된 연구는 Kim and Yim (1988)의 내장산의 식생 연구에서 신갈나무, 서나무, 개서나무, 느티나무 등이 잠재 자연 식생의 주종을 이룰 것으로 예측한 것과 Kim (1992)은 북동아시아의 식생 연구에서 한반도의 잠재 자연식생은 북부/고산지형 (신갈나무-잣나무군단), 중부/산지형 (신갈나무-생강나무아군단), 남부/저산지형 (졸참나무-작살나무아군단)의 3가지 유형이 있음을 밝힌 바 있다. Pavel et. al. (2006)은 한국의 온대 낙엽활엽수림이 겨울보다 여름의 강수량이 훨씬 높고, 일시적으로 수분 부족기간을 갖는 몬순 해양성 기후의 신갈나무 군강으로 규정하고 있다. 식생의 성장과 진화는 근본적으로 기후, 지형환경의 영향을 받기 때문에 지형환경과 기후환경이 변화하면 식생의 분포도 달라진다. 따라서 장기적인 식생의 변화를 고려하거나 잠재적인 식생도를 작성하여 자원으로서 활용하기 위해서는 지형환경과 기후 인자들을 고려해야 한다 (Park and Seo, 2001).

DEM을 이용하면 사면의 방향, 고도분석, 경사, 일사량, 수문분석 등을 할 수 있다. DEM에서 분석된 지형요소들을 야외조사에서 획득한 산림자료와 임상도 및 원격탐사 분석자료들과 비교 분석함으로써 식생의 공간적인 분포에 대한 체계적인 해석이 가능할 수 있을 것이다. 더 나아가 이러한 연구자료가 축적되면 식생분포에 대한 예측 모델을 제시할 수 있을 것이다. 본 연구에

서는 Shin (2012)의 식생분포인자 분석방법을 가야산 국립공원에 적용하여 잠재자연식생의 출현확률을 각 군락별로 추정식으로 도출하였다

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상지

본 연구는 가야산국립공원을 대상으로 하며, 지리적 위치는 동경 128°02'30" 128°09'30", 북위 35°45'00" ~ 35°49'30"이며, 행정구역상 경상남도 합천군, 거창군, 경상북도고령군, 성주군, 김천시에 걸쳐 있다 (Fig. 1). 가야산국립공원 주변의 거창 기상대의 30년간 (1981~2010) 기후자료에 의하면 연평균기온 11.7°C, 연강수량 1,316.6 mm으로 가야산은 우리나라 기후지역상 온대남부에 위치하고, 식물구계학적으로 남부아구 (Lee and Lim, 1978), 식물구계상 냉대림 (Yim, 1977)에 속한다.

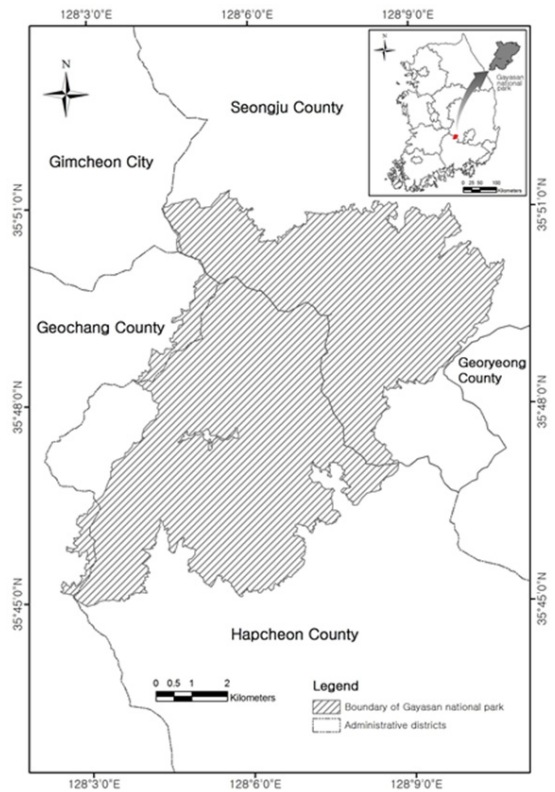


Fig. 1. Map of the study area in Gayasan national park.

## 2.2 조사분석

### 2.2.1 현존식생도제작

현존식생도는 국립공원관리공단에서 실시한 정밀 현존식생도제작 사업결과를 수정·보완하고 인용하여 본 연구에 맞게 재분류 작업을 통해 작성하였다.

### 2.2.2 식생 분포요인의 추출

본 연구에서 DEM의 제작은 국립지리원의 수치지도에서 등고선 및 표고점을 추출하여 10 × 10 m의 격자 크기를 갖는 DEM을 구축하였고, 고도의 경우 분석을 위해 10 m 간격으로 재분류하여 정수화 하였다. 경사 및 사면방위는 Arc map 9.3 프로그램의 slope 함수와 aspect 함수를 이용하여 추출하였으며, 지형지수는 Beven and Kirkby (1979)에 의해 제안된 다음식을 이용하였다.

$$\text{Topographic Index} = \ln(\alpha / \tan\beta)$$

( $\alpha$ : 상부사면 면적,  $\tan\beta$ : 경사)

연평균기온과 온량지수는 국립공원 주변의 거창 기상대 및 자동측정망 5개 지점의 자료를 이용하여 거리 역가중방법(Inverse Distance Weighted, IDW)으로 5개 지점 내부의 모든 격자(10 × 10 m)의 월평균 기온을 산정하였다.

$$\text{Ele-Temp.} = \text{InterT.} + (C \times \text{DEM})$$

(InterT. = 보간에 의한 격자의 온도 : °C,  
C = -0.0065 °C/m : 단열기온감율)

고도 증가에 따른 단열체감율은 -0.65°C/100 m를 적용하였으며, 이렇게 구한 월평균 기온을 이용하여 연평균 기온 및 온량지수를 구하였다.

온량지수(Warmth Index, WI)는 식물이 잘 성장하기 위해서는 기준온도 이상의 온도가 일정기간 이상 유지되어야 한다는 생각에서 고안된 지수이며, 1년 중 월평균기온 5°C 이상인 달에 대해 월평균기온과 5°C와의 차를 합산하여 나타낸다. 다음 식을 통해 구해진 온량지수는 계산의 편의를 위해 정수화하여 식생과 중첩 분석에 사용하였다.

$$t > 5^\circ\text{C}, t: \text{월평균기온}(^\circ\text{C})$$

잠재증발산량 (Potential evapotranspiration, PET)

은 가능한 증발산량을 의미하는 것으로 한반도에서는 잠재증발산량과 온량지수 사이에서 직선의 일차 회귀식  $\text{PET} = 4.30 \times \text{WI} + 299$ , PET: mm/yr, WI: °C·month를 이용하여 Arcmap상에서 spatial analyst의 raster calculator를 이용하여 새로운 PET layer를 작성하였다.

### 2.2.3 현존식생의 분포와 분포요인의 분석

앞서 작성된 현존식생 분포와 지형인자를 중첩분석하기 위해 vector형태의 자료를 grid (10×10m) 격자 형태로 전환한 후 중첩분석을 위해 각 군락을 서열화 하였다. 또한 고도는 10 m 단위로, 경사는 1°, 사면방위는 45°단위로 숫자화 하여 중첩분석을 하였으며, 분석은 Arcmap Ver. 9.3을 사용하였다.

분석된 결과들 중 고도의 경우 표현 방법에 따라 10 m로 구분한 값을 사용하였으며, 경사의 경우 중첩분석 시에는 1°단위로 사용하였으나 표현은 Yang (2001)의 방법에 따라 평탄지에서 급경사지의 6단계로 구분하였다. 사면방위의 표현은 8방위로 하였으나 분포확률추정에서는 연속형의 10계급을 적용하였다.

### 2.2.4 식생의 분포확률 추정

#### 2.2.4.1 요인분석

요인분석(factor analysis)은 여러 변수들의 공통적인 요인이 있다고 가정하고 이 요인을 찾아내어 각 변수가 어느 정도 영향을 받고 있는지를 알아내거나 해당 집단의 특징이 무엇인지를 알아내고자 할 때 사용하는 분석으로 본 연구에서 사용할 요인들은 고도, 경사, 사면방위, 지형지수, 연평균기온, 온량지수, 잠재증발산량을 요인분석에 사용하였다.

#### 2.2.4.2 로지스틱 회귀분석

단순로지스틱모형은 입력변수의 개수가 p 개인 경우에도 자연스럽게 확장되어 사용될 수 있다. 즉 입력변수  $x_1, x_2, \dots, x_p$ 에 대해서도 다중 로지스틱 회귀모형은

$$\ln\left(\frac{p(y=1|x_1, \dots, x_p)}{1-p(y=1|x_1, \dots, x_p)}\right) = a + b_1x_1 + \dots + b_px_p$$

(Eq. 1)

으로 정의된다. 로지스틱 회귀분석의 목적은 흔히 추정된 로지스틱모형을 이용하여 자료를 분류하기 위한 것이기

때문에 일반적인 판별분석과 비교하여 로지스틱 판별 분석 (logistic discrimination)이라고 불린다.

위의 모형식으로부터 추정된 회귀계수  $a, b_1, \dots, b_p$  를 이용하여 다음과 같이 사후확률에 대한 추정식을 얻을 수 있다. 즉,

$$p(y=1 | x_1, \dots, x_p) = \frac{\ln(\exp(a + b_1 \times x_1 + \dots + b_p x_p)}{1 + \exp(a + b_1 \times x_1 + \dots + b_p x_p)} \quad (\text{Eq. 2})$$

이렇게 얻어진 각 개체에 대한 사후확률은 그 개체를 분류하기 위해 사용될 수 있다 ( $p(y=1 | x_1, \dots, x_p) = 1 - p(y=1 | x_1, \dots, x_p)$ ). 즉 추정된 사후확률은 0과 1사이의 값을 가지게 되므로, 적절한 절단값 (cutoff value)을 정하여 이 값을 기준으로 각 개체를 분류하는 것이다. 본 연구에서 절단값은 0.5로 하였다.

### 2.2.4.3 군락별 분포확률

군락의 공간적 분포에 영향을 주는 각종 지형 및 기후 인자와 현존식생과의 관계를 이용하여 인자별로 특정 군락의 분포확률을 추정할 수 있다.

본 연구의 분석대상은  $10 \times 10 \text{ m}$ 로 구분된 Grid로서 지형인자인 고도 (Ele), 경사 (Slo), 사면방위 (Asp), 지형지수 (TI)와 기후인자인 연평균기온 (AMT), 온량지수 (WI), 잠재증발산량 (PET)을 독립변수로 하여 수종별 출현유무 (1, 0)를 종속변수로 한 로지스틱 회귀분석을 통해 인자에 따른 분포확률 추정식을 작성하였다.

$$p_t = f(\text{Ele}, \text{Slo}, \text{Asp}, \text{TI}, \text{AMT}, \text{WI}, \text{PET})$$

$$p_t(y=1 | \text{Ele}, \text{Slo}, \text{Asp}, \text{TI}, \text{AMT}, \text{WI}, \text{PET}) = \frac{\exp(a_1 + b_1 \text{Ele} + c_1 \text{Slo} + d_1 \text{Asp} + e_1 \text{TI} + f_1 \text{AMT} + g_1 \text{WI} + h_1 \text{PET})}{1 + \exp(a_1 + b_1 \text{Ele} + c_1 \text{Slo} + d_1 \text{Asp} + e_1 \text{TI} + f_1 \text{AMT} + g_1 \text{WI} + h_1 \text{PET})} \quad (\text{Eq. 3})$$

이와 같이 DEM의 각 grid마다 군락별 점유확률이 추정되면 점유 확률이 가장 큰 수종이 해당 grid에 출현할 가능성이 높은 것으로 판단하여 공간분포 (spatial distribution) 및 출현확률 (occurrence probability)을 예측하였다.

### 2.2.4.4 통계분석

요인분석은 프로그램내의 요인분석 알고리즘을 사용하였고, 로지스틱회귀분석은 다중로지스틱 회귀분석을 사용하였다. 사용된 통계 프로그램은 SPSS ver.

17.0 (SPSS Inc.)을 이용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 가야산국립공원의 현존식생

가야산국립공원의 현존식생조사 결과 약 128개의 군락이 분포하는 것으로 조사되었으며, 대분류 결과 활엽수림, 침엽수림, 산지습성림, 하반림, 암벽식생, 관목림, 식재림 및 기타식생과 비식생 등이 나타났으며, 활엽수 중에서는 신갈나무군락이 82.4%로 가장 많이 분포하고, 침엽수림 중에서는 소나무군락이 71.2%, 소나무-신갈나무군락이 19.2%로 소나무가 우점하는 군락이 약 90%로 대부분을 차지하는 것으로 나타났다.

### 3.2 식생분포 확률 추정

#### 3.2.1 요인분석결과

고도, 경사, 방위, 지형지수, 연평균기온, 온량지수, 잠재증발산량 등 7개요인을 대상으로 상관행렬을 구하

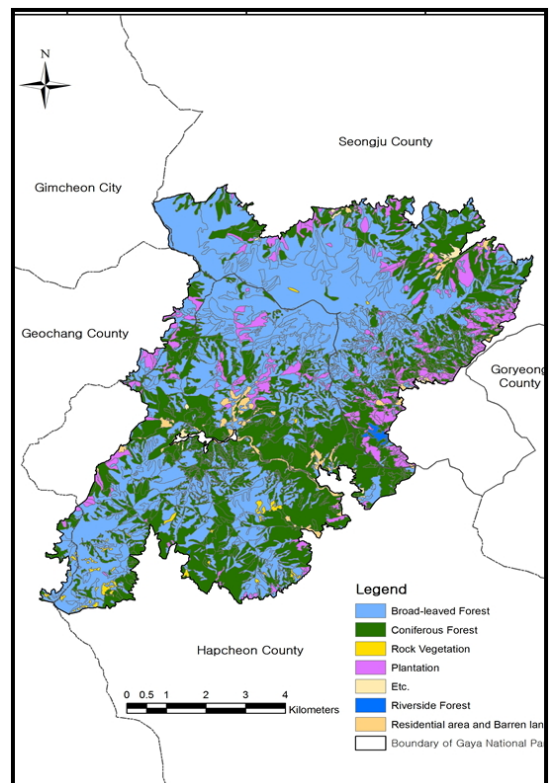


Fig. 2. Major classification of vegetation in Gayasan national park.

**Table 1.** Correlation between seven factors.

	Elevation	Slope	Aspect	TI	AMT	WI	PET
Elevation	1.000						
Slope	0.038**	1.000					
Aspect	0.013**	0.043**	1.000				
TI	-0.382**	-0.030**	-0.014**	1.000			
AMT	-0.896**	-0.053**	-0.033**	0.372**	1.000		
WI	-0.928**	-0.052**	-0.025**	0.389**	0.961**	1.000	
PET	-0.926**	-0.052**	-0.026**	0.387**	0.959**	0.996**	1.000

\*\*p < 0.01

**Table 2.** Commonality of 7 factors. Those mean description degree of factor.

	First	Derived
Elevation	1	0.91
Slope	1	0.51
Aspect	1	0.54
Topo	1	0.24
AMT	1	0.94
WI	1	0.97
PET	1	0.97

고 베리맥스 방법으로 회전된 성분행렬을 이용하여 요인분석을 실시하였다. 상관분석결과 상관계수는 0.01 수준에서 유의한 것으로 나타났다 (Table 1).

요인분석에서 공통성의 항목은 고도, 연평균기온, 온량지수, 잠재증발산량 등이 높은 값을 나타내었으며, 사면방위와 경사가 다음으로 나타났으며, 지형지수는 낮은 값으로 나타났다 (Table 2).

다중공선성 (multicollinearity)은 종속변인에 대한 예측 모델간에 강한 상관관계가 있는 것을 의미하는 것으로 다중공선성이 지나치게 높은 경우 특정 회귀계수나 표준오차 등이 제대로 추정되지 않기 때문에 다중회귀분석시 거치는 과정중의 하나이다. Table 2에서 보는 것처럼 고도, 연평균기온, 온량지수, 잠재증발산량은 다중공선성이 크게 존재하는 것을 알 수 있다.

3.2.2 주요군락의 분포확률 추정

다중로지스틱 회귀분석을 이용하여 5개 주요군락의 출현확률 추정식을 유도하기 위해 계수 추정을 하였다 (Table 3). 분포확률 추정식에 사용되는 계수는 (+) 값인 경우 그 요인의 증가에 따라, (-) 값인 경우 그 요인의 감소에 따라 분포확률이 증가한다는 의미이다. 예를 들면, 신갈나무군락의 경우 사면방위가 북으로 갈수록 출

현확률이 높았고, 고도, 경사, 잠재증발산량이 높을수록 출현확률이 높은 것으로 나타났으며, 평균기온과 온량지수는 낮을수록 출현확률이 높아지는 것으로 나타났다.

따라서 각 군락의 로지스틱 회귀모형식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 Ele + \beta_2 Slo + \beta_3 Asp + \beta_4 AMT + \beta_5 WI + \beta_6 PET)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 Ele + \beta_2 Slo + \beta_3 Asp + \beta_4 AMT + \beta_5 WI + \beta_6 PET)} = \beta_0 + \beta_1 Ele + \beta_2 Slo + \beta_3 Asp + \beta_4 AMT + \beta_5 WI + \beta_6 PET$$

$$pQm(y=1 | Ele, Slo, Asp, AMT, WI, PET) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 Ele + \beta_2 Slo + \beta_3 Asp + \beta_4 AMT + \beta_5 WI + \beta_6 PET)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 Ele + \beta_2 Slo + \beta_3 Asp + \beta_4 AMT + \beta_5 WI + \beta_6 PET)} = \frac{\exp(-12.237 + 0.005 Ele + 0.005 Slo + 0.158 Asp - 0.269 AMT - 0.006 WI + 0.016 PET)}{1 + \exp(-12.237 + 0.005 Ele + 0.005 Slo + 0.158 Asp - 0.269 AMT - 0.006 WI + 0.016 PET)}$$

$$pPd(y=1 | Ele, Slo, Asp, AMT, WI, PET) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 Ele + \beta_2 Slo + \beta_3 Asp + \beta_4 AMT + \beta_5 WI + \beta_6 PET)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 Ele + \beta_2 Slo + \beta_3 Asp + \beta_4 AMT + \beta_5 WI + \beta_6 PET)} = \frac{\exp(4.804 - 0.003 Ele + 0.010 Slo - 0.099 Asp + 0.262 AMT + 0.002 WI - 0.008 PET)}{1 + \exp(4.804 - 0.003 Ele + 0.010 Slo - 0.099 Asp + 0.262 AMT + 0.002 WI - 0.008 PET)}$$

$$pQa(y=1 | Ele, Slo, Asp, AMT, WI) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 Ele + \beta_2 Slo + \beta_3 Asp + \beta_4 AMT + \beta_5 WI + \beta_6 PET)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 Ele + \beta_2 Slo + \beta_3 Asp + \beta_4 AMT + \beta_5 WI + \beta_6 PET)}$$

**Table 3.** The estimated parameters of occurrence provability equation by five plant communities.

Community*	Data set	βn	S.E.	Wald	d.f.	sig.	Exp (B)	95%Confidence interval of Exp. (B)	
								Min	Max
Qm	Elevation	.005	.000	54981.046	1	.000	1.005	1.005	1.005
	Slope	.005	.000	363.793	1	.000	1.005	1.005	1.006
	Aspect	.158	.001	29408.606	1	.000	1.171	1.168	1.173
	AMT	-0.269	.009	985.323	1	.000	.764	.751	.777
	WI	-0.006	.009	.478	1	.489	.994	.978	1.011
	PET	.016	.002	64.501	1	.000	1.016	1.012	1.020
	ε	-12.273	.608	407.834	1	.000	.000		
Pd	Elevation	-.003	.000	29449.734	1	.000	.997	.997	.997
	Slope	.010	.000	1326.127	1	.000	1.010	1.009	1.010
	Aspect	-.099	.001	12493.287	1	.000	.906	.905	.908
	AMT	.262	.008	982.596	1	.000	1.300	1.279	1.321
	WI	.002	.008	.089	1	.766	1.002	.986	1.019
	PET	-.008	.002	17.342	1	.000	.992	.988	.996
	ε	4.804	.591	66.080	1	.000	122.058		
Qa	Elevation	-.013	.000	16191.456	1	.000	.987	.987	.988
	Slope	.007	.001	26.776	1	.000	1.007	1.004	1.009
	Aspect	-.013	.004	8.918	1	.003	.988	.979	.996
	AMT	.422	.039	120.228	1	.000	1.525	1.415	1.645
	WI	.080	.037	4.590	1	.032	1.083	1.007	1.165
	PET	-.035	.009	16.215	1	.000	.965	.949	.982
	ε	14.965	2.630	32.372	1	.000	3156049.492		
Qs	Elevation	.001	.000	774.785	1	.000	1.001	1.001	1.001
	Slope	-.016	.001	711.106	1	.000	.984	.982	.985
	Aspect	-.076	.002	1368.990	1	.000	.927	.923	.931
	AMT	.408	.020	421.979	1	.000	1.503	1.446	1.563
	WI	.035	.020	3.153	1	.076	1.036	.996	1.076
	PET	-.027	.005	33.223	1	.000	.974	.965	.983
	ε	6.907	1.399	24.364	1	.000	998.840		
Qv	Elevation	.004	.000	3606.703	1	.000	1.004	1.004	1.004
	Slope	-.052	.001	4272.140	1	.000	.949	.948	.951
	Aspect	-.161	.003	3535.372	1	.000	.851	.847	.856
	AMT	.526	.025	439.588	1	.000	1.692	1.611	1.777
	WI	.035	.025	2.018	1	.155	1.036	.987	1.088
	PET	-.023	.006	15.890	1	.000	.977	.966	.988
	ε	2.720	1.771	2.358	1	.125	15.174		

\*Qm (*Quercus mongolica*, 신갈나무군락), Pd (*Pinus densiflora*, 소나무군락), Qa (*Q. acutissima*, 상수리나무군락), Qs (*Q. serrata*, 졸참나무군락), Qv (*Q. variabilis*, 굴참나무군락)

\*\*βn (Standardized coefficients of each pre-fitting patient factors), S.E. (Sampling error), Wald (Wald test; analyzing method), d.f. (Degree of freedom), sig. (Significance)

$$= \frac{\exp(14.965 - 0.013E_{le} + 0.007S_{lo} - 0.013A_{sp} + 0.422AMT + 0.080WI - 0.035PET)}{1 + \exp(14.965 - 0.013E_{le} + 0.007S_{lo} - 0.013A_{sp} + 0.422AMT + 0.080WI - 0.035PET)}$$

pQs(y=1 | Ele, Slo, Asp, AMT, WI, PET)

$$= \frac{\exp(.30 + \beta1E_{le} + \beta2S_{lo} + \beta3A_{sp} + \beta4AMT + \beta5WI + \beta6PET)}{1 + \exp(.30 + \beta1E_{le} + \beta2S_{lo} + \beta3A_{sp} + \beta4AMT + \beta5WI + \beta6PET)}$$

$$= \frac{\exp(6.907 + 0.001E_{le} - 0.016S_{lo} - 0.076A_{sp} + 0.408AMT + 0.035WI - 0.027PET)}{1 + \exp(6.907 + 0.001E_{le} - 0.016S_{lo} - 0.076A_{sp} + 0.408AMT + 0.035WI - 0.027PET)}$$

pQv(y=1 | Ele, Slo, Asp, AMT, WI, PET)

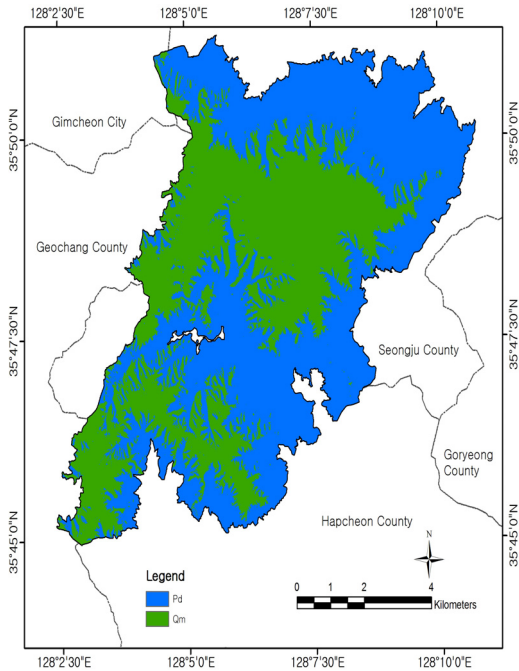
$$= \frac{\exp(.30 + \beta1E_{le} + \beta2S_{lo} + \beta3A_{sp} + \beta4AMT + \beta5WI + \beta6PET)}{1 + \exp(.30 + \beta1E_{le} + \beta2S_{lo} + \beta3A_{sp} + \beta4AMT + \beta5WI + \beta6PET)}$$

$$= \frac{\exp(2.720 + 0.004E_{le} - 0.052S_{lo} - 0.161A_{sp} + 0.526AMT + 0.035WI - 0.023PET)}{1 + \exp(2.720 + 0.004E_{le} - 0.052S_{lo} - 0.161A_{sp} + 0.526AMT + 0.035WI - 0.023PET)}$$

이 결과를 바탕으로 분포확률이 0.3이상인 격자를 대상으로 격자별로 가장 큰 분포확률을 갖는 군락을 나타내 보았다. 분포확률이 0.3이상인 격자의 숫자는 전

**Table 4.** The estimated probability distribution over 0.3 points of plant communities in Gayasan national park.

Community	Count	Ratio	Ratio (Total)
<i>Q. mongolica</i>	492,582	44.05	33.73
<i>P. densiflora</i>	623,733	55.80	42.71
<i>Q. acutissima</i>	953	0.09	0.07
<i>Q. serrata</i>	0	0.00	0.00
<i>Q. variabilis</i>	625	0.06	0.04
Total	1,117,893	100.00	
Total counts in Gayasan national park	1,460,385		

**Fig. 3.** The estimated potential natural vegetation map from estimating equation of Gayasan national park.

체 1,460,385개 격자 중 1,117,893개 이었으며, 신갈나무군락의 격자가 492,582개 이었으며, 소나무군락의 격자는 623,733개였으며, 상수리나무와 굴참나무가 각각 953, 625개로 나타났고, 졸참나무의 경우 분포확률이 0.3이상인 격자는 없는 것으로 나타났다(Table 4).

#### 4. 결론

식생의 분포에 영향을 주는 요인을 본 연구에서 제시한 7가지 요인(고도, 경사, 사면방위, 지형지수, 연평균 온도, 온량지수, 잠재증발산량)으로 한정할 경우 가야산국립공원은 신갈나무군락 (44.05%)과 소나무군락 (55.80%)이 주요 잠재자연식생으로 추정되었다.

#### References

- Austin M. (2007). Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. *Ecological modelling* 200: 1-19.
- Beven, KJ and Kirkby, JN (1979). A physically-based, variable contributing area model of basin hydrology, *Hydrological Sciences Bulletin*, 24:43-69.
- Ellenberg H. (1988). *Vegetation ecology of Central Europe*. University Press, Cambridge.
- Kim J. U. and Y. J. Yim (1988). Actural vegetation and potential natural vegetation of Naejongsan national park, Southwestern Korea. *Korean J Ecol* 11(3): 145-152.
- Kim J. W. (1992). *Vegetation of northeast Asia on the syntaxonomy and synegeography of the oak and beech forests*. Ph. D. Thesis, Wien University p 314.
- Pavel V. K, J. S. Song, Y. Nakamura and V. P. Verkholat (2006). A phytosociological survey of the deciduous temperate forests of mainland Northeast Asia. *Phytocoenologia* 36: 77-150.
- Park, IH and Seo, YK (2001). Forest structure in relation to slope aspect and altitude in valley forests at Kyeryongsan national park, *Korean j. of environment and ecology*, 14(4), pp. 296-302. [Korean Literature]
- Lee, WT and Yim, YJ (1978). Studies on the distribution of vascular plants in the Korean peninsula, *Korean J. Pl. Taxon.*, 8, Supplement: 1-33. [Korean Literature]
- Shin, J. H. (2012) *Simulation Map of Potential Natural Vegetation and Actual Vegetation Distribution using High-resolution Images and Geographic Information System - Focused on the Bukhansan National Park* - Ph. D. Thesis. Kongju national University.
- Woodward F. I. (1987). *Climate and plant distribution*. Cambridge University Press Cambridge.
- Yang, K. C. (2001). *Classification of Major Habitats Based on the Climatic Conditions and Topographic Features in Korea*. -Ph. D. Thesis. Choong ang University.
- Yim, YJ (1977). Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula. III. Distribution of tree species along the thermal gradient, *Jap. J. Ecol.*, 27, pp. 177-189.