

# Google Earth에서 도로 추출을 위한 RGB 화소값 최적구간 추적

(Exploring Optimal Threshold of RGB Pixel Values to Extract Road Features from Google Earth)

박 재 영\*      엄 정 섭\*\*  
(Jae Young Park)      (Jung-Sup Um)

**요 약** 항공사진이나 다중분광영상을 활용하여 도로 지도를 제작할 경우 최근에 건설된 도로에 대한 지도의 업데이트가 너무 늦어 일반 수요자의 수준을 고려한 서비스를 제공하지 못하는 한계가 있다. Google Earth에서는 RGB값에 의거한 이미지가 아주 높은 주기 해상도를 가지고 무료로 제공되고 있기 때문에 도로를 추출하기 주요 데이터로 부상되고 있다. 본 연구는 Google Earth로 도로를 추출하기 위한 최적의 RGB 표준값과 범위값을 추적하는 의도로 출발하였다. 5개의 사례연구지역에 대해 Google Earth RGB 영상을 활용하여 도로를 추출할 수 있는 능력에 대해 검증이 이루어졌다. 수동 검출을 통해 Google Earth 이미지에서 RGB 대략값을 각각 126, 125, 127을 도출하였고, 도로의 특성을 감안한 대략값 범위를 분석하여 RGB값 각 25%, 30%, 19%가 최적인 것을 알 수 있었다. 아울러 Google Earth 이미지의 디스플레이 축척간에 RGB 표준값과 범위값이 큰 차이가 없음을 확인할 수도 있었다. 기존연구에서 활용된 다양한 알고리즘이 RGB 화소값의 최적구간을 추적할 수 있었으며 61cm 공간해상도를 가진 Quickbird RGB 데이터가 다양한 형태의 도로를 추출할 수 있다는 것이 확인되었다.

**키워드** : Google Earth, 도로, RGB data, 픽셀

**Abstract** The authors argues that the current road updating system based on traditional aerial photograph or multi-spectral satellite image appears to be non-user friendly due to lack of the frequent cartographic representation for the new construction sites. Google Earth are currently being emerged as one of important places to extract road features since the RGB satellite image with high multi-temporal resolution can be accessed freely over large areas. This paper is primarily intended to evaluate optimal threshold of RGB pixel values to extract road features from Google Earth. An empirical study for five experimental sites was conducted to confirm how a RGB picture provided Google Earth can be used to extract the road feature. The results indicate that optimal threshold of RGB pixel values to extract road features was identified as 126, 125, 127 for manual operation which corresponds to 25%, 30%, 19%. Also, it was found that display scale difference of Google Earth was not very influential in tracking required RGB pixel value. As a result the 61cm resolution of Quickbird RGB data has shown the potential to realistically identified the major type of road feature by large scale spatial precision while the typical algorithm revealed successfully the area-wide optimal threshold of RGB pixel for road appeared in the study area.

**Keywords** : Google Earth, Road, RGB data, Pixel

## 1. 서론

Google Earth는 2006년부터 전 세계에 대해 위성영상 지도 서비스를 제공하고 있으며 실행 프로그램만 설치하면 누구나 무료로 사용할 수 있는 영상지도 서비스이다 [1]. Google Earth에서 제공하는 이미지는 일반적인 전처리 과정을 거쳐 다양한 주제도를 제작하는 데 사용될 수 있다. 대도시 지역의 경우 고해상도 위성영상이 제공되고

있기 때문에 기존의 항공사진 데이터를 대체할 수 있게 되어 종래의 지상측량 및 항공사진측량에 비해 넓은 지역에 대해 빠른 시간에 효과적으로 도로 주제도를 제작할 수 있는 장점을 가지고 있다. Google Earth에서 특정 지역을 다운로드하여 컴퓨터 기반의 영상분석을 수행할 수도 있고 필요한 지역을 자동으로 결합하여 합성영상을 제작할 수도 있다[2]. 도로는 가장 변동이 심한 공간객체여서 수시로 업데이트가 필요하나 데이터 취득에 소요되

\*이 논문은 2009년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

\* 경북대학교 공간정보학과 박사과정, p0778@hanmail.net

\*\* 경북대학교 지리학과 교수, jsaeom@knu.ac.kr (교신저자)

는 경비 때문에 수시갱신이 이루어지지 못하고 있다. Google Earth 이미지를 이용할 경우 경비를 투자하지 않고 주기적인 데이터 획득이 가능하여 정보갱신이 용이하다는 장점을 가지고 있다. 대축척 응용사례로 항공사진으로만 가능하였던 도로 추출과 같은 국부적인 지역의 공간정보의 갱신에 Google Earth 이미지의 활용이 가능한 단계에 접어들고 있다. Google Earth에서 취득할 수 있는 정보에 대해 검증된 선행연구가 부족하지만 다양한 분야에서 Google Earth의 활용가능성을 논의하고 있다 [3],[4]. 도로 추출기법에서도 고가의 데이터를 이용하여 추출하였던 정보를 Google Earth를 이용하여 취득할 수 있다. Google Earth 이미지에 의한 도로 추적은 저렴한 경비로 넓은 지역에 대한 자료의 수집이 가능하고 다양한 지역에 대한 도로 현황을 수시로 갱신할 수 있다.

IKONOS 위성영상을 기반으로 normalized distance를 계산한 후 이를 BP 신경망의 입력 값을 이용하여 도로를 검출하기 위한 최적의 신경망 구조를 설계한 선행연구가 확인된다[5]. 아울러 IKONOS와 Quickbird 영상을 기반으로 영상을 밝기 값을 기준으로 이진화 처리하여 도로 영역을 추출한 후 BP 신경망 알고리즘을 이용하여 임계치를 150에 두어 ±25 범위 이내의 영역만을 분할하였으나 이진화 처리과정 중 객관화된 임계치와 범위가 아닌 일반적인 데이터를 사용한 사례도 있다[6]. 기대 최대화 알고리즘으로 정사영상과 LIDAR 반사강도 영상, 수치지도를 활용하여 밴드별 평균과 표준편차의 값을 수동적으로 추출한 값과 자동화한 값을 비교한 연구도 있다[7]. Shackelford and Davis는 LWCF (length-width contextual feature)를 제안하여 유사한 화소들이 연결된 직선 길이를 계산하여 최대직선을 추출하여 양끝점으로부터 추적하여 도로를 추출하였다[8]. Haverkamp는 DATS (Angular Texture Signature)를 기반으로 균일한 명도 값을 가지고 도로의 특성별 추출기법을 제안하였다[9]. 고해상도 영상내에서 수동으로 취득한 도로와 비도로의 training 자료를 SVM(Support Vector Machine) 분류자에 적용하여 도로지역 추출하고 이를 백터화 시켜 도로 갱신 방법을 제안한 경우도 있다[10]. 이와 더불어 컬러영상에서 지형지물을 추출하기 위해 RGB색체의 경계인 CIEL\*Ch색체로 변환 후 L\*에서 경계를 추출하고 C, h 값으로 특정 경계를 추출하는 기법도 연구되었다[11].

기존 연구에서는 고해상도 영상의 다중분광 값으로 최적의 범위를 검출하여 분석하거나 이진화처리 분석을 통해 알고리즘 정확도를 평가하였다. 또한 기존 위성영상과 LIDAR 영상을 가지고 자동 추출 분석을 한 경우와 공간 정보를 기반으로 도로 데이터를 자동으로 생성한 사례도 있다 [12-13]. 하지만 Google Earth 이미지의 RGB값을 통한 도로 추출 분석 사례는 아직 확인되지 않으며, Google Earth 이미지로 사전처리를 위한 대푯값과 범위 구간을 설정한 연구는 찾아보기 어렵다. Google Earth 이미지에서 제공받을 수 있는 정보는 다양한 축척에 따라 다르게 도출될 가능성이 있다. 디스플레이 축척에 따라 RGB 값의 차이가 있을 수 있으나 동일한 지역의 축

척별 차이에 대한 검증된 연구가 확인되지 않는다. 본 연구에서는 Google Earth 이미지의 RGB값으로 도로를 추출하기 위해 각 RGB값에 최적값을 도출하고 Google Earth 이미지의 디스플레이 축척에 따라 차별화된 도로 추출 가능성을 평가하고자 한다.

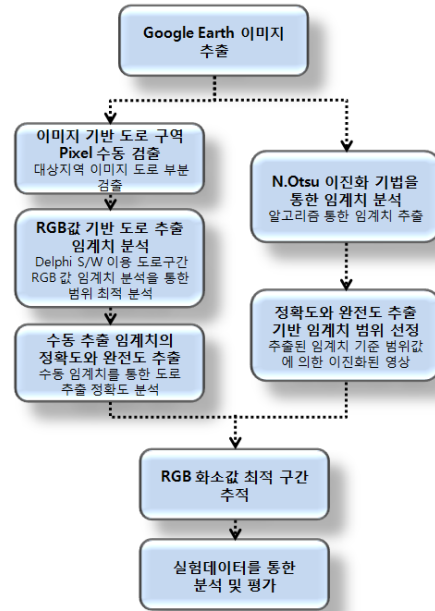


그림 1. 연구수행절차

## 2. 데이터 취득

표 1. 연구자료 및 수행도구

구분	내용	항목	용도
연구자료	Google Earth	2010년 1월	픽셀 단위 분석용
	수치지형도	행정경계 및 도로 레이어	연구지역의 행정경계 확인 및 도로 추출
연구도구	영상처리 및 GIS	ERDAS Imagine 8.6	Picture 자료 처리
		ESRI ArcGIS Desktop 9.0	공간 분석
	프로그래밍 및 분석	Delphi 4	프로그램 개발
		SPSS 17	GIS 공간연산
		PhotoShop 10	Google Earth 영상 모자이크

연구 전반기에 걸쳐 응용 프로그램은 Delphi 4, SPSS 17, PhotoShop 10, ArcGIS 9.0, ERDAS Imagine 8.6을 활용하였다<표 1>. 데이터 수집에서 RGB 화소값 최적 구간 추적까지 연구 진행 과정에 대한 순서도는 그림 1

에 제시되어 있다. Google Earth는 지역별로 다양한 영상을 서비스하고 있는 데, 대도시나 정보수요가 많은 지역은 고해상도 영상(QuickBird: 61cm, IKONOS: 1m)을 제공하고 있다. 미국, 일본이나 유럽의 일부 대도시에서는 정사항공사진이 제공되는 곳이 있다. 저해상도 영상은 Landsat TM, SPOT 등 다양한 영상이 활용되고 있다. 우리나라의 경우 수도권과 부산, 대구 등 주요 도시들은 Digital Globe사에서 운영하고 있는 QuickBird 영상이 제공되고 있다. Google Earth는 무료로 다운로드 기능을 제공하고 있고 대량 다운로드가 아니고 상업적 목적이 아닌 연구차원에서 영상을 활용하는 것은 허용하고 있다 [1]. QuickBird는 2001년 10월 18일 미국 DigitalGlobe사에서 발사한 위성으로 2002년부터 영상을 수신하고 있다. 2007년에는 WorldView-1을 이용하여 흑백 영상을 제공하지만 일반인에게 공개 되지 않고 있으며, 2009년에는 WorldView-2 위성영상을 통해 50cm급 고해상도 영상을 제공하고 있다.

Google Earth에서는 도심지 등 사용자가 많은 지역에는 QuickBird 영상을 서비스하고 있다. 연구 지역에도 도로가 상당수 분포하고 있으며 도로 이미지를 왜곡하는 요인인 건물 그림자, 도로 주변 가로수 및 시설물 등이 동시에 분포하고 있다. 그리하여 KONOS 영상보다 QuickBird 영상을 제공하고 있는 도심 지역인 대구지역과 또한 동일한 QuickBird 영상을 제공하면서 도로 주변 왜곡 요인들이 많이 분포된 경산지역을 중심으로 분석하였다.

이러한 도로 주변의 다양한 요인들이 분포된 지역을 중심으로 5군데를 지정하였다<그림 2-3>. 도로는 시가지와 외각지에 따라 도로형태가 상이하게 다르며 도로의 폭에 따라 다르게 나타날 수도 있다. RGB값을 지닌 이미지는 건물과 주변 가로수 등 그림자로 인해 이미지 값 영향을 많이 받으므로 다양한 요인을 고려하여 연구 대상지역을 지정하였다. 또한 축적에 의한 도로 추출의 영향력이 있는지 살펴 볼 필요가 있다. 연구 대상지의 축적은 B지역부터 E번 지역은 동일한 축적으로 지정하였으며 A지역은 B지역과 위치적으로 같지만 좀 더 축적을 높여 연구 대상지역으로 지정하였다.

각 지역별 특성을 살펴보면 B지역의 경우 굵은 도로로써 가로수와 주변 산지의 특성을 지닌 지역이며, C지역은 고속도로, 넓은 폭의 4차선 도로와 일반 지방도가 있는 지역이다. D지역은 아파트가 있는 고층 건물 밀집지역과 고속도로, 일반 시외지 도로가 겹쳐 있는 지역이며, E지역은 일반 시내 주거지역과 시외지가 서로 겹치는 지역의 도로가 있는 지역이다. 대상지역 Google Earth 이미지를 추출하여 가로, 세로 Pixel값을 도출하였다. A지역은 1280\*703 Pixel 값을 가졌으며 B, C, D, E지역은 1280\*957 Pixel 값을 가졌다. 전체 연구지역의 위치는 약 N35°48'18"-N35°42'54", E128°36'-E128°46'12"로 나타났다. 1:1,000 수치지도에서 도로 레이어를 추출하였으며 원이미지와 Georeferencing하고 도로부분과 중첩이 되는 부분을 intersect하여 이미지에서 도로부분만 추출하였다.


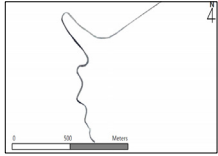
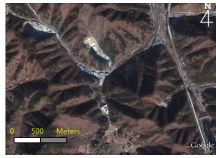
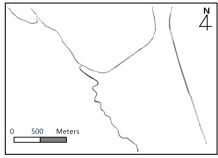






지역	Google Earth 이미지	분석 대상지 도로 추출 이미지
A 지역		
B 지역		
C 지역		
D 지역		
E 지역		

그림 2. 연구대상지역

- A지역 : 이차선 도로, 가로수와 산지의 영향을 받는 도로, B 지역보다 확대된 일부 지역(이미지 확대에 따른 상하간 분석), (경산시 남천면 하도리)
- B지역 : 고속도로 일부, 저수지, 굵은 이차선 도로, 가로수와 산지의 영향을 받는 도로, (경산시 남천면 하도리)
- C지역 : 고속도로, 일반 4차선 도로, 지방도, (경산시 남천면 금곡리)
- D지역 : 아파트 밀집도로, 일반 시외지 도로 중첩, (경산시 남천면 협석리)
- E지역 : 도심지 시내 주거지역, 상업지역, 시외지 도로중첩, (대구시 달성군 가창면 용계리)

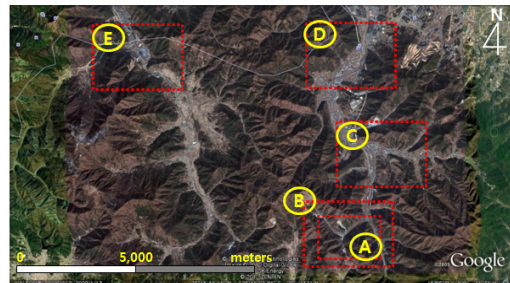


그림 3. 연구지역 위치도

도로 추출된 이미지의 Pixel값을 각 RGB 값 따로 분류하여 값의 전체 분포 형태와 평균, 편차를 분석하였다. 수식 (1), (2), (3)은 5개의 원이미지에서 RGB값들을 각각 Rvalue, Gvalue, Bvalue 값으로 분류 후 전체 평균하여 대푯값을 분석하는 식이다.

$$R_{value} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{x=1}^m (\frac{1}{i \times j} \cdot \sum_{n=1}^{i \times j} rvalue(result)) \rightarrow (1)$$

$$G_{value} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{x=1}^m (\frac{1}{i \times j} \cdot \sum_{n=1}^{i \times j} gvalue(result)) \rightarrow (2)$$

$$B_{value} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{x=1}^m (\frac{1}{i \times j} \cdot \sum_{n=1}^{i \times j} bvalue(result)) \rightarrow (3)$$

수식 (1), (2), (3)식에서 m은 이미지 개수, j와 i는 픽셀의 가로, 세로 길이이며, rvalue, gvalue, bvalue는 각 픽셀당 각 RGB 값 호출 함수이며, result는 이미지의 픽셀 값을 의미한다. 이미지에서 도로를 대표할 수 있는 RGB 단일 값만 추출 할 경우 이미지에서 도로 왜곡된 이미지는 추출하기 어렵다. 이러한 왜곡된 도로를 추출하기 위해서 도로를 대표하는 값과 관련 있는 주변 값의 범위를 분석하였다.

### 3. N.otsu의 방법의 이미지 전처리 검증

분석 대상 이미지에서 도로와 연계성이 높은 RGB 각각 대푯값과 연관된 주변 범위의 최적치를 구하고자 한다. 그러므로 이러한 값과 범위의 객관적인 평가 방법을 위해 Correctness와 Completeness분석을 하였다(수식 4)[14].

$$Correctness = \frac{L_M}{L_T}, Completeness = \frac{L_M}{L_R} \rightarrow (4)$$

Correctness와 Completeness는 각각 정확도와 완전도를 의미하며,  $L_R$ 은 추출된 이미지 전체 픽셀 count,  $L_M$ 은 추출된 도로의 픽셀 count,  $L_T$ 는 원 이미지 도로 픽셀 count를 나타낸다.

N.Otsu 방식의 이진화는 영상을 전경부분과 배경부분으로 분할하기 위한 과정으로 문서영상이나 다양한 실영상을 이진화하는데 많이 쓰이는 알고리즘이다<그림 4>.

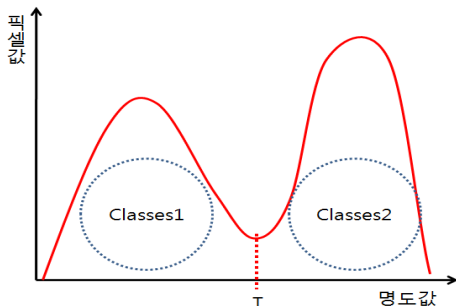


그림 4. N.Otsu 이진화 방법

연구 대상 이미지도 중심 값 기준으로 전경 부분과 배경부분으로 분할하고 다시 이미지를 분할된 기준에 의거해 0,1로 이진화된 영상으로 변환한 다음 수식(5), (6), (7) 공식을 활용해서 임계치를 추출하였다. N.Otsu 분석의 목적은 뒤에서 언급 될 수동 검출된 대푯값과 N.Otsu 기법 이진화 처리를 통해 도출된 값 사이의 상호간 정확도를 평가하기 위해서이다.

$$var_{between-class} = P_b^t(u_b^t - u)^2 + P_f^t(u_f^t - u)^2 \rightarrow (5)$$

$$var_{within-class} = P_b^t var_b^t + P_f^t var_f^t \rightarrow (6)$$

$$t_{otsu} = \arg(\max_{0 \leq t \leq 255}(var_{between-class})) = \arg(\min_{0 \leq t \leq 255}(var_{within-class})) \rightarrow (7)$$

N.otsu의 방법은 영상의 영역을 2개의 클래스로 가정하고, 클래스간 분산(variation)을 총 분산으로 나눈 값의 차이가 최대가 될 때 그 값을 임계치로 정하는 방법을 제안하고 있다. 영상의 이진화하기 위해 Classes1, 2 구분할 수 있는 T(임계값)를 구하는 알고리즘을 활용하였다.  $t_{otsu}$ 는 영상의 이진화를 위한 최적의 임계값을 나타내며,  $var_{between-class}$ 은 전경부분과 배경부분간의 분산이 최대일 경우를 나타낸다.  $var_{within-class}$ 은 전경부분과 배경부분간의 분산을 합하여 최소 일 경우를 나타낸다.  $P_b^t, P_f^t$ 는 주어진 임계값 t로 전경부분과 배경부분으로 분할하였을 때 각 부분에 대한 확률 값을 의미하고,  $u, u_b^t, u_f^t$ 는 영상의 평균 밝기, 전경부분의 평균 밝기 값, 배경부분의 평균 밝기를 각각 나타내며,  $var_b^t, var_f^t$ 는 전경부분과 배경부분의 분산 값을 나타낸다.

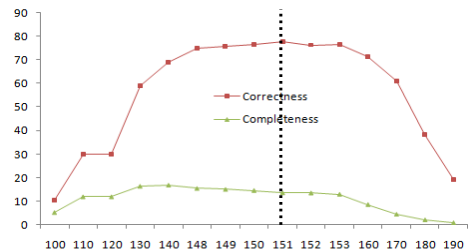


그림 5. Class 구분 값에 따른 Correctness와 Completeness 그래프

영상의 RGB값을 분석하기 위해서 각 RGB 값을 명도값으로 이진화하고 그 값의 특성에 맞는 비율로 단위값으로 통합하였다. 그레이스케일 영상은 밝기 정보만을 이용하는 영상 처리 방식으로 통상적인 그레이스케일 영상 비율인 R값은 0.299, G값은 0.587, B값은 0.114로 각각 주었다(수식 8). 이 비율을 중심으로 각각 클래스를 구분할 수 있는 임계치를 분석하고자 한다.

$$GrayValue = (R*0.299) + (G*0.587) + (B*0.114) \rightarrow (8)$$

N.Otsu 방법으로 임계치를 분석한 결과 두 클래스를 구분할 수 있는 값이 151로 분석되었다<그림 5>. 이를 바탕으로 최적의 RGB 값이 142로 분석되었다<표 2>.

표 2. Class 구분 값에 따른 Correctness와 Completeness 값

Class 구분값	RGB값	$L_M / L_T$	$L_M / L_R$
100	211	10.24	5.26
110	196	30.03	11.94
120	178	30.03	11.94
130	167	58.92	16.41
140	156	68.88	16.86
...	...	...	...
148	146	75.20	15.48
149	145	76.00	15.07
150	144	76.63	14.62
151	142	77.83	13.61
152	141	76.43	13.56
153	140	76.73	13.01
...	...	...	...
160	130	71.44	8.65
170	119	60.89	4.52
180	106	38.37	2.15
190	95	19.16	0.93

4. 이미지 수동 추출

연구대상지는 시외지역 중심으로 산지, 도로, 건물, 저수지(물), 밭 등으로 구성되어 있다. 도로의 각 RGB값 특성을 분석하기 위해 분석 대상 지역 이미지에서 도로 이미지만 추출하였다. 5개 지역 이미지에서 각각 분류된 도로 이미지의 픽셀 값을 전체 추출하였다. 평균, 표준편차 등 다양한 분석 값은 S/W SPSS 를 통해 <표 3>과 같이 도출하였다.

표 3. 5개 이미지 영상의 RGB 분석값

	R	G	B
평균	125.6	125.2	127.4
표준오차	.302	.311	.297
중위수	133.00	135.00	139.00
최빈값	139	129	128
표준편차	25.88	26.65	25.42
분산	669.854	710.620	646.206
범위	207	208	197
최소값	31	39	52
최대값	238	247	249

각 RGB의 값에 대한 평균을 126, 125, 127로 나타나는 다른 연구대상 지역 이미지를 분석할 때 평균값으로 선정하였다. 이러한 단일 평균값만으로 도로를 분석하기에는 한계가 있다. 연구대상 지역 이미지를 살펴보면 취득당시 도로 이미지에는 주변 시설물 그림자, 가로수 등의 왜곡 요인들이 도로 픽셀 값에 영향을 끼치는 것을 알 수가 있다. 이러한 요인들을 감안하여 정확한 도로 추출을 위해

서 평균값 주변의 정확한 관련 값을 추출해야 하지만 현실적으로 정확한 값을 나타내기가 어렵다. 그래서 평균값 외에 대푯값 주변 범위 값 비율을 분석하고자 본 연구에서 Delphi4 S/W를 사용하여 분석을 하였다. 통계적으로는 표준편차는 RGB 값에 각각 26, 27, 25로 나타냈지만 실제 영상과의 연관성을 살펴보고자 한다<그림 6>.

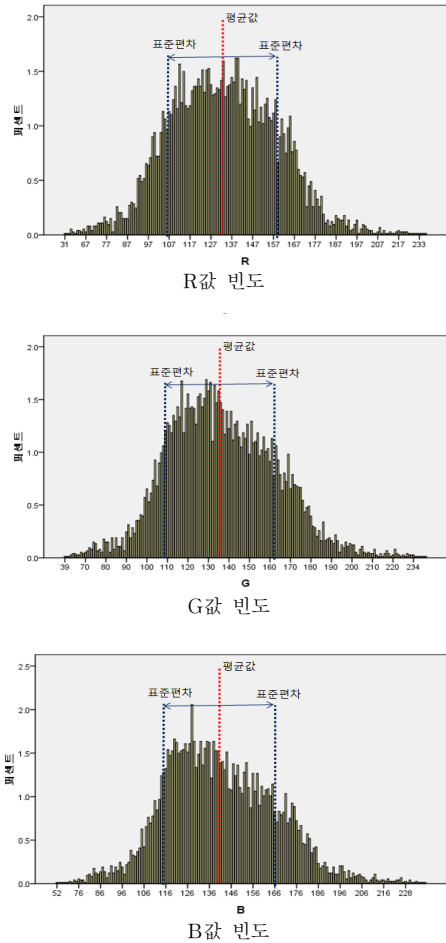


그림 6. 도로 추출 구간 이미지 각 픽셀 별 RGB 값

5. 최적 RGB 값 분석

최적 RGB값 범위를 객관적으로 평가하기 위해서 Correctness와 Completeness를 활용하였으며, 각  $L_R$ ,  $L_M$ ,  $L_T$  값은 프로그래밍 통해 연구 대상 전체 이미지에서 추출하였다. 대푯값을 기준으로 범위를 10% 단위별 분석을 하였다<표 4>.

그림 7은 Correctness와 Completeness 값 바탕으로 최적 범위를 추출하기 위해 비율을 10단위로 전체 10~100범위를 분석하였다.

표 4. RGB 값 10 단위 범위별 Correctness 와 Completeness 분석

R값 범위 (%)	G값 범위 (%)	B값 범위 (%)	$L_M / L_T$	$L_M / L_R$
10	10	10	31.55	26.60
10	10	20	33.73	21.55
10	10	30	33.75	21.18
...	...	...	...	...
100	100	70	99.94	1.22
100	100	80	100	0.84
100	100	90	100	0.82
100	100	100	100	0.81

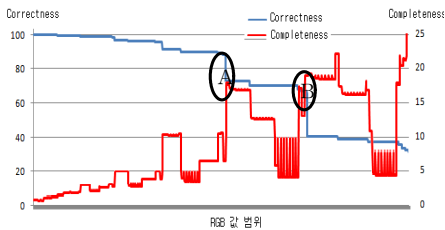


그림 7. 각 RGB 값 10 단위 범위별 Correctness 와 Completeness 값 분포 그래프

추출된 Correctness 값기준으로 내림차순 정렬순으로 정리하여 Correctness 와 Completeness 간의 최적의 범위를 선정 하였다. 그림 7에서 A, B 영역에서 Correctness 와 Completeness 상호간 가장 밀접하면서 값이 동시에 높게 나온 구역이다. <표 5>를 살펴보면

A구역은 한지점인 R=30, G=30, B=20 지점이 Correctness 와 Completeness 값이 각 73.02와 17.58로 높게 나타났으며, B지점에는 R=30, G=20, B=20 지점과 R=20, G=30, B=20 지점이 Correctness와 Completeness 값이 각 68.43과 17.33, 66.89와 18.69로 높게 나타났다.

표 5. 최적치 구역의 RGB범위 값

구역	R값 범위 (%)	G값 범위 (%)	B값 범위 (%)	$L_M / L_T$	$L_M / L_R$
A	30	30	20	73.02	17.58
	30	20	20	68.43	17.33
B	20	30	20	66.89	18.69

특이한 상황은 A지점의 R=30, G=30, B=20 지점의 경우 G값이 40~100까지 주어졌을 경우에도 Correctness 와 Completeness 값이 동일하게 나왔다. B지점에서는 R=30, G=20, B=20 지점에서 R값이 40~100까지 주어졌을 경우 0.1~0.2 정도의 Completeness 값이 -오차가 있었지만 유사하게 나타났다. 그리고 R=20, G=30, B=20

지점에서 R값이 40~100까지 주어졌을 경우에도 Correctness와 Completeness 값이 동일하게 나왔다.

Correctness와 Completeness 값이 같으면서 RGB범위가 다르게 나타나더라도 정확하고 신속한 이미지 분석을 위해 최소의 범위 비율을 기준으로 하여 분석하는 것이 최적의 연구 방법으로 사료된다.

이렇게 10단위별로 분석된 최적의 범위 비율을 값으로 환산한 것과 수학적인 RGB 분포 표준 오차와 크게 벗어나지 않았다. 그래서 10단위 분석 최적의 범위를 기준으로 주변 범위 값에 대한 정확도를 높이기 위해 <표 6>의 범위 비율을 1단위로 재분석하였다.

표 6. RGB 1단위 범위별 Correctness와 Completeness 분석

R값 범위 (%)	G값 범위 (%)	B값 범위 (%)	$L_M / L_T$	$L_M / L_R$
1	1	1	0.37	36.0
1	1	2	0.67	38.89
1	1	3	0.75	37.93
...	...	...	...	...
30	30	28	87.57	11.73
30	30	29	88.10	10.55
30	30	30	88.10	10.55

RGB의 최적의 범위 비율을 산출하기 위하여 Correctness 와 Completeness값을 분석한 결과 R=25, G=30, B=19가 가장 높게 나타났다.

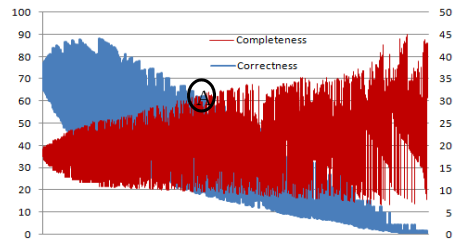


그림 8. RGB 값단위 범위별 Correctness와 Completeness 값 분포 그래프

그림 8은 Correctness 와 Completeness 값 최적 비율 추출을 위해 RGB 대푯값 범위를 각각 1~30으로 1단위로 나열하였다. 추출된 Correctness 값 기준으로 내림차순 정렬순으로 정리하여 Correctness 와 Completeness 간의 최적의 범위를 선정 하였다.

A영역에 상호간 가장 밀접하면서 값이 동시에 높게 나온 구역이다. A구역의 최적 데이터는 R=25, G=30, B=19 지점으로 Correctness 와 Completeness 값이 각 71.84 와 18.33으로 높게 나타났다. <표 7>에서 나타난 RGB 값이 이미지의 픽셀 특성상 정수형으로 반올림하여 표현

하였다. 최적의 범위를 기준으로 대푯값에  $\pm$  최적 범위 값을 변환한 결과 R값은 110~142, G값은 106~144, B값은 115~139값이 이미지 픽셀에서 도로를 나타내는 최적의 값들로 분석되었다.

표 7. R, G, B 최적의 값 범위

	R	G	B
평균	126	125	127
표준편차	25.88	26.65	25.42
최적의 범위	25%	30%	19%
최적 범위값	110~142	106~144	115~139

### 6. 이미지 정확도 비교 분석

수동으로 검출된 RGB값과 N.Otsu 이진 기법을 통해 이미지별로 상호간 Correctness 와 Completeness를 분석하였다. B, C, D, E 지역의 경우 그림 9에서 나타나듯이 RGB최적치 값으로 도출된 도로가 상세히 나오는 반면 N.Otsu 기법을 이용한 추출에서보다 주변 동일범위의 색상인 건물, 논, 밭 대지가 조금 더 나타났다. 그리고 <표 8>에서도 나타나듯이 비교적 RGB최적치 값으로 분석한 이미지가 추출률이 높은 것으로 나타났다. 추출된 이미지의 정확률은 주변 다른 이미지로 인해 다소 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다.

표 8. 수동검출 RGB값과 N.Otsu 기법에 따른 이미지 도로 추출률

지역 구분	수동검출		N.Otsu	
	$L_M / L_T$	$L_M / L_R$	$L_M / L_T$	$L_M / L_R$
A	61.32	10.66	68.81	17.14
B	58.56	12.65	51.67	17.05
C	56.41	11.80	47.21	14.27
D	55.88	12.08	50.13	14.57
E	70.03	5.81	59.45	5.71

A의 경우 N.Otsu 기법이 수동추출 방법보다 Correctness와 Completeness가 다소 나은 분석 결과를 보여주고 있다. 종합적으로 살펴보면 도로 추출 정확도에서는 수동 검출시 N.Otsu방법보다 4개의 이미지에서 평균 값 대비 약 15.5%가 향상되었다. 하지만 A지역에서는 오히려 7.49 수치나 미흡하게 나타났다.

그러나 N.Otsu방법이 수동 검출로 분류된 이미지보다 도로가 아닌 노이즈 검출이 적게 나타났다. E지역에서 다소 미미하게 개선되어 나타났지만, 그 외 A, B, C, D 지역에서는 노이즈가 25% 적게 나타났다.

A지역과 B, C, D, E 지역간의 축척을 다르게 해서 분석하였지만 이미지 상호간 도로 추출 정확도가 크게 차이 나지 않아 축척에 따른 결과 값이 다르다고는 정의할 수가 없는 것으로 사료된다.

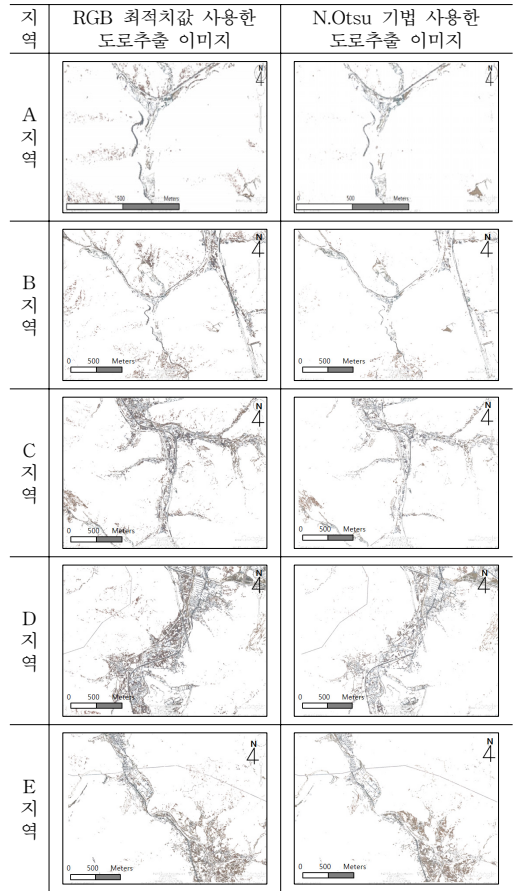


그림 9. RGB 최적치와 N.Otsu 기법 도로 구간 추출 이미지

- A지역 : N.Otsu 이진화 처리 방식이 수동 추출방법보다 도로 추출 정확도가 약간 높으면서 주변 노이즈가 다소 적게 나타남
- B지역 : RGB 최적치 처리 방법이 도로 추출률이 높게 나왔으나 N.Otsu 방법에서 주변 산지, 나대지 노이즈가 다소 나타남
- C지역 : RGB 최적치 처리 방법이 전체 도로 추출이 높게 나타났으나 도로 주변 주거지역 건물 등 노이즈가 다소 많이 나타남
- D지역 : RGB 최적치 처리 방법이 다소 높게 나타났지만 RGB 최적치 처리 방법이 주변 주거지 등 노이즈가 조금 높게 나타남
- E지역 : RGB 최적치 처리 방법이 외곽지 도로 추출이 매우 높게 나타났으며 노이즈는 거의 차이가 없음

### 7. 실험데이터를 통한 분석

연구결과와 객관성을 확보하기 위해서 결과를 평가할 수 있는 실험데이터를 통해 재분석 하였다. RGB값에 영향을 미치는 변수들을 감안하여 월별(계절)로 Google Earth 영상을 재취득하였다. 1월은 분석이미지와 동일하여 제외하였으며 나머지 각 월별로 2월-5월, 7월-12월까지 취득하였고, 6월 영상의 취득이 어려워 6월과 가까운

표 9. 실험데이터 이미지별 정보

NO	위도	경도	촬영일자	높이	주소
1	37°27'31.89"N	127°15'55.89"E	2008년 5월 3일	16635ft	경기도 광주시 무수리
2	37°20'17.58"N	127°10'25.06"E	2008년 10월 2일	16620ft	경기도 용인시 처인구 모현명 동림리
3	35°14'23.14"N	129°10'14.21"E	2008년 4월 18일	16692ft	경상남도 기장군 철마면 안평리
4	35° 9'10.98"N	128°31'40.76"E	2009년 3월 26일	16649ft	경남 마산시 진동면 동전리
5	36° 7'58.88"N	127°54'8.45"E	2007년 2월21일	16680ft	충북 상촌면 하도대리
6	36°37'43.92"N	129°18'6.34"E	2006년 12월 6일	16659ft	경상북도 창수면 오촌리
7	36°22'25.77"N	129°22'43.58"E	2007년 11월 13일	16680ft	경상북도 영덕군 강구면 소월리
8	37°21'43.46"N	128°54'42.74"E	2004년 9월 19일	16671ft	강원도 삼척시 하장면 장전리
9	36°29'51.60"N	128°35'43.91"E	2005년 5월 29일	16632ft	경상북도 안동시 남후면 고상리
10	35°58'58.08"N	129°29'23.31"E	2005년 7월 30일	16651ft	경상북도 포항시 남구 동해면 상정리
11	36°40'49.45"N	126°33'7.11"E	2003년 8월 9일	16664ft	충청남도 서산시 고북면 초록리

5월 30일자 영상으로 총 11개를 분석하였다. 년도는 동일 년도에 각 월별 데이터가 존재하지 않아서 2003년-2009 년까지 다양하게 취득하였다<표 9>.

연구를 위해 Delphi 프로그램을 활용하여 수동 분석을 통해 도출된 전체 평균값과 범위를 기준으로 각 영상별 Correctness와 Completeness를 분석하였다. 또한 객관성 확보를 위해 각 영상별로 따로 RGB값 대푯값을 도출하여 각 Correctness와 Completeness를 분석하였다<표 10>.

표 10. 전체 분석된 대푯값과 범위에 의거한 월별 이미지들의 각 Correctness와 Completeness 값

NO	이미지 일자	$L_M / L_T$	$L_M / L_R$
1	2008년 5월 3일	62.98	14.61
2	2008년 10월 2일	49.22	13.29
3	2008년 4월 18일	57.58	6.11
4	2009년 3월 26일	68.27	7.84
5	2007년 2월21일	39.45	6.82
6	2006년 12월 6일	24.18	3.24
7	2007년 11월 13일	35.95	5.27
8	2004년 9월 19일	5.99	0.76
9	2005년 5월 29일	19.58	3.65
10	2005년 7월 30일	32.45	8.54
11	2003년 8월 9일	22.65	4.61

이미지는 2009년 1월 13일 영상이었으며, 과거 영상인 IKONOS가 아닌 해상도가 높은 Quickbird 영상 이미지를 사용하였다. 위의 표에서도 나타나듯이 2008년, 2009 년도 이미지인 1번부터 4번 영상까지 살펴보면 Correctness 와 Completeness 값이 높게 나타났다. 반면 2007 년 이전 이미지는 Correctness 와 Completeness 값이 상당히 낮게 나타난 것을 알 수가 있다. 또한 월별로 3 월, 4월, 5월, 10월 영상이 다소 높게 나타났지만 월별이 나 계절별로 RGB값이 영향이 크다고 보기보다는 영상 이미지의 최신성에 따른 Correctness와 Completeness 값이 높은 것으로 판단된다.

그리고 각 이미지별로 평균값을 추출하여 해당 이미지의 Correctness와 Completeness를 분석하였다<표 11>.

표 11. 각 이미지의 대표치 범위에 의거한 각 Correctness와 Completeness값과 RGB평균값

NO	$L_M / L_T$	$L_M / L_R$	R 평균값	G 평균값	B 평균값
1	62.19	15.03	125	125	128
2	58.01	12.14	129	136	121
3	65.45	5.91	137	140	131
4	70.96	8.15	117	114	119
5	72.53	9.80	133	159	134
6	60.47	3.75	165	170	139
7	59.36	6.53	154	158	145
8	39.23	5.05	205	198	186
9	33.52	8.96	194	201	186
10	64.45	12.27	161	150	136
11	47.89	9.10	159	182	159

각 이미지별 평균값을 각 대입하여 분석한 결과 1번부터 7번까지와 10번 데이터는 다소 높게 나타났지만 8번, 9번, 11번 데이터는 도로에 대한 RGB값이 많이 분포되어 있어 Correctness 와 Completeness 값이 낮은 것을 알 수 있다. 이미지의 최신성이 떨어지는 2003년, 2004년, 2005년도 이미지의 경우 다소 도로를 추출할 수 있는 RGB 대표치에 대한 편차가 커서 분석 자료로 사용하기 어려운 것으로 사료된다.

## 8. 결론 및 시사점

기존의 연구가 Google Earth 모자이크 영상을 이용하여 도로 지도 제작하려는 아이디어 자체도 제시하지 못한 점을 고려한다면 본 연구는 Google Earth 이미지를 활용하여 도로 추적의 가능성 평가를 제안하는 실험적인 연구이다. Google Earth 이미지 RGB값을 통해 도로 레



이어 추출이 가능한 대푯값과 범위를 추출한 것은 일반적인 이미지 전처리 방법인 N.Otsu 기법으로 추출한 이미지의 값보다 개선되었다. 도로 추출을 위한 최적 RGB 값은 126, 125, 127으로 추출되었으며 이에 상응하는 25%, 30%, 19% 범위가 상당히 높은 값인 것을 알 수 있었다. 축척 (내려다 보는 높이 기준 정보 제공, 단위는 ft)별 도로 추출 결과 값 차이가 연구대상지역 지역간에 상이하지 않는 것이 확인되었다. 또한 실험데이터를 통하여 2008년 이전의 데이터 보다 2008년 이후의 영상 이미지가 전체적으로 대푯값의 편차가 적고 Correctness와 Completeness 값이 높게 나타나 이미지의 RGB 분석에는 최신 이미지가 다소 낫다는 것을 알 수가 있다.

향후 본 연구 이진화 처리의 최적화 방법을 기반으로 다양한 알고리즘을 도입하여 도로 레이어 추출을 후속 연구가 필요하며, 정확도 향상을 위한 최적의 알고리즘 개발 및 비교 분석이 요구된다. Google Earth를 이용한 도로지도가 지금은 구축 초기단계이지만 조금이 시간이 지나면 다양한 분야에서 보유하게 될 항목의 하나가 될 것이다. 본 연구에서 제시된 Google Earth RGB 최적구간에 의거한 도로추출 방안이 비록 잘 다음어져 가치가 있는 것은 아닐지라도 지금까지 시도된 연구결과를 비교 정리함으로써 향후의 도로지도 갱신에 시사점을 제공하는 길잡이 역할을 할 수 있다면 연구의 가치가 있다고 할 것이다.

Google Earth는 급속히 성장발전하고 있으며 많은 변화를 보이는 분야이기 때문에 체계적인 이론이나 완성된 연구결과가 부족하지만 도로추출을 위한 Google Earth RGB 최적구간 추적결과는 보완을 거쳐 객관적이고 효과적인 모델로 활용 가능할 것으로 기대되며, Google Earth 기반의 도로지도에 대한 이론이 기존의 도로추적 관련 축적된 기술과 접목되게 됨으로서 차원 높은 도로 정보 서비스의 장으로 자리매김하는 데 큰 역할을 할 수 있을 것이라 생각한다.

하지만 본 연구에서 한계 및 보완해야 할 부분은 도로 추출을 위해 Google Earth 이미지를 활용하기 때문에 이미지에 대한 도로의 분류기준, 축척 등 다양한 개념이 분석하기전에 정의되어야 한다. 한 예로 도로를 구분하기 위해서는 도로의 폭, 축척별, 도로 주변 자연환경, 인문환경 등 다양한 관점에서 심도 있는 연구가 필요하다. 또한 국내에서 제공되어지는 Google Earth 영상 이미지의 한계로 인하여 다년차에 따른 월별 분석이나 계절별 분석의 객관화하기에는 다소 어려움이 있었다. 향후 Google Earth 이미지의 다양한 업그레이드를 통해 여러 패턴의 분석이 필요하다. 본 연구에서는 도로 추적과정에서 검토되어야 할 핵심개념들을 연구자가 자의적으로 선정하고 평가하였기 때문에 타당성에 한계가 있었다. 본 연구의 타당성을 검증하기 위해서는 수치지도 기반의 평가 방식과 현지조사를 통하여 수집된 도로 데이터와 비교하는 것이 필수적이다. 향후 수치지도 제작과 현지조사 기반의 평가에서 사용하는 기법과 본 연구와 제시한 기법을 상호 연계함으로써 본 연구 결과의 실용성을 증진시킬 수

있는 방안에 대해서 보다 심도 있는 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] Google Earth, "Welcome to Google Earth Outreach," [Http://earth.google.com/outreach/tour.html](http://earth.google.com/outreach/tour.html) (검색일:2010.1.5일)
- [2] 엄정섭, "Google Earth를 이용한 경북대와 홍콩대 캠퍼스의 불투수율 비교평가," 한국지역지리학회지 제15권 제3호, 2009, pp. 421-433.
- [3] Gramling, C., "Google Planet: with Virtual Globes, earth scientists see a new world," Geotimes, vol.52, no.2, 2007, pp. 38-39.
- [4] Matthew, A. Z., and Mark, G. M., "The creative reconstruction of the Internet: Google and the privatization of cyberspace and DigiPlace," Geoforum, vol.38, 2007, pp. 1322-1343.
- [5] Mokhtarzade, M., Ebadi, H., "Road Detection from High Resolution Satellite Imagery Using Texture Parameters in Neural Network," First Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems Ferdowsi University of Mashhad, Iran, 2007, pp. 29-31.
- [6] 서정, "Road Detecion using Neural Network in Real Images," 영남대학교 석사학위논문, 2008.
- [7] 한유경, 최재완, 이재빈, 유기운, 김용일, "기대최대화 알고리즘을 활용한 도로노선 training 자료 자동추출에 관한 연구-감독분류를 통한 도로 네트워크의 자동추출을 위하여," 한국측량학회지, 제27권 제2호, 2009, pp. 289-297.
- [8] Shackelford, A. K., and Davis, C. H., "Fully automate road network extraction from high-resolution satellite multispectral imagery," Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGRSS), vol.1, Toulouse, France, 21-25, 2003, pp. 461-463.
- [9] Haverkamp, D., "Extraction straight road structure in urban environments using IKONOS satellite imagery," Optical Engineering, vol.41, no.9, 2002, pp. 2107-2110.
- [10] Song, M., and Civco, D., "Road extraction using SVM and image segmentation," Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol.70, no.12, 2004, pp. 1365-1371.
- [11] 양성철, 김용일, 유기운, "컬러영상 경계추출을 위한 CIEL\*Ch 색체계 변환의 적용," 한국공간정보시스템학회 2005년도 GIS/RS 공동 춘계학술대회, 2005 May 19, 2005, pp.273-278.
- [12] 주인학, 최경호, 유재준, 황태현, 이종훈, "공간정보에 기반한 도로 데이터 자동생성 방법," 한국공간정보시스템학회 논문지, 제4권 제2호, 2002, pp. 55-64.
- [13] 김준모, 황병연, "지리정보시스템에서 고속도로 연결 문제의 가변적 근사기법," 한국공간정보시스템학회 논문지, 제7권 제2호, 2005, pp. 57-64.
- [14] Heipke, C., Mayer, H., Wiedemann, C., and Jamet, O., "Evaluation of automatic road extraction," International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol.32, no.3, 1997, pp. 47-56.



박 재 영  
2000년 대구대학교 전산정보학과 졸업  
(학사)  
2005년 경북대학교 일반대학원 지역정보  
학과 졸업(이학석사)  
2006년~현재 경북대학교 일반대학원 공  
간정보학과(박사과정)

2005년~현재 대구경북연구원 연구원  
관심분야 : IT서비스, u-City, GIS



엄 정 섭  
1985년 전남대학교 문학사  
1992년 아시아 과학기술원(Asian Institute  
of Technology: AIT), 이학석사  
1998년 영국 에버딘 대학교, 이학박사  
1987년~1999년 환경부  
1999년~현재 경북대학교 교수

관심분야 : GIS, 원격탐사, 환경영향평가