

GIS를 활용한 등산로 경사도 분석 및 등급책정

Slope Analysis and Classification of Hiking Trails Using GIS

서 은 수*

Eun Su Seo

최 세 휴**

Se Hyu Choi

요 약 등산은 현대인들이 가장 즐겨찾는 유익한 여가 활동 중 하나이지만 많은 사람들이 자신의 능력과 맞지 않는 등산로를 선택하여 어려움을 겪고 있으며, 이는 자칫 위험한 사고로 이어질 수 있다. 본 연구에서는 이러한 점을 해결하기 위해 GIS를 이용한 등산로 경사도 분석 방법을 제안하였으며, 이를 통하여 기존의 방법들보다 좀더 빠르고 간편하게 등산로 경사도 분석이 가능함을 알 수 있었다. 또한 같은 목적지를 가지는 여러 등산로의 경사도를 비교·분석하여 등급을 책정함으로써 시민들이 자신의 능력에 맞는 등산로를 선택할 수 있도록 하였다.

키워드 : GIS, 등산, 등산로, 경사 분석

Abstract Hiking on the mountain is one of the most popular recreations for modern people, but many people have trouble because they select a wrong hiking trails with their own ability and this will be just a danger accident. It was suggested that slope analysis of hiking trails using GIS for solving this problem, and the proposed method is faster and easier than the other method. Also the slope of many hiking trails which have same destination was classified by analysing and comparing, then citizen can choose right hiking trails with their own ability.

Keywords : GIS, Hiking on the Mountain, Hiking Trail, Slope Analysis

1. 서 론

등산은 현대인들의 여가활동 중 큰 부분을 차지하고 있으며, 심폐기능 향상 및 골반과 척추 강화 등 신체건강뿐 아니라 정신건강에도 좋은 영향을 주어 나이에 관계없이 누구나 즐길 수 있는 유익한 활동이다. 하지만 많은 사람들이 자신의 능력과 맞지 않는 등산로 선택으로 어려움을 겪고 있으며, 자칫 위험한 사고로 이어질 수 있다.

최근 다양한 등산관련 어플리케이션이 출시되고 있으나 구체적인 등산 난이도의 제공은 미약한 상황이다. 신진민과 이규석은 GIS를 이용한 경사도 산출시 등고선의 정확도, 해상력, DTM의 자료구조에 따른 차이점을 분석하였다[4]. 이금삼과 조화룡은 한국의 지형을 경사도에 따라 분류 하였다[5]. 박의준과 이정록은 호남지역 전통취락의 사면경사

도를 측정하여 취락입지에 영향을 준 측면을 분석하였다[2]. 이혜숙 등은 휴대용 GPS를 이용하여 등산로의 경사도를 측정하는 연구를 진행하였으며, Lidar자료와 비교 하였을 때 적은 오차의 결과를 얻을 수 있었으나[8] 휴대용 GPS로 정보를 측정하는 것은 연구자가 직접 현장으로 가야함으로 인해 발생하는 시간적 공간적인 제약에 부딪히게 된다는 어려움을 가지고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 국토지리정보원에서 제공하는 1:5000 수치지형도에서 ESRI사의 ArcGIS를 통해 주요 등산로의 구간별 경사도를 산정하고 그 결과를 기반으로 등산로의 등급을 책정하여 시민들이 등산로에 대한 부족한 정보로 인해 겪고 있는 어려움을 해소하는데 도움을 주고자 한다.

† 본 논문은 국토해양부 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

* 경북대학교 공간정보학과 석사과정, esseo@knu.ac.kr

** 경북대학교 건축토목공학부 부교수, shchoi@knu.ac.kr(교신저자)

2. 등산로 경사분석 및 등급책정

2.1 연구계획

본 연구에서는 국토지리정보원에서 제공하는 1:5000 수치지형도에서 ESRI사의 ArcGIS를 통해 표고점과 등고선을 추출하여 1m×1m의 DEM을 생성한 후 경사도를 산정하고, 이를 다시 벡터라이징을 통해 Point객체로 변환하여 격자형의 점이 각 위치의 경사도 값을 가지게 하였으며, 등산로 레이어에 1m의 버퍼를 주어 등산로 주변의 Point객체를 클립을 통해 추출하였다. 이를 통해 등산로의 경사도를 분석하고 그 결과에 따른 등급을 책정하였다.

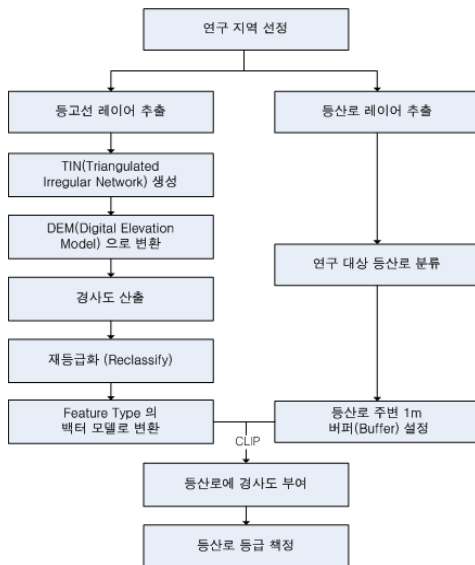


그림 1. 연구계획 흐름도

2.2 데이터모델 선택

ArcGIS 소프트웨어가 제공하는 데이터 모델은 크게 두 가지로 구분할 수 있는데, 첫 번째는 실제 공간을 일정한 크기의 격자 단위로 분할한 후 각 격자에 대응하는 실세계 객체의 정보를 격자의 속성 값으로 입력하는 래스터 모델이며, 두 번째는 지도와 유사하게 점, 선, 면 등의 도형 요소를 이용하여 실세계 객체의 정보를 표현하는 벡터 모델이다. 본 연구에서는 경사도의 산정은 연속적인 현상 표현에 효과적인 래스터 모델을, 등산로와의 분석에는 데이터 편집 및 분석에 용이한 벡터모델을 이용하였다.

2.3 경사도 알고리즘

등산로의 경사도를 구하기 위하여 Burrough와 McDonell은 그림 2와 같이 a~i 까지 9개의 셀을 구분하여 중심이 되는 e셀의 경사도를 측정하는 방법을 제시하였으며 식 (1)과 같다[1].

$$slope = \tan^{-1} \left(\sqrt{\left(\frac{dz}{dx} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dy} \right)^2} \right) \quad (1)$$

여기서,

$$\frac{dz}{dx} = \sqrt{\frac{(c+2f+i) - (a+2d+g)}{8L}} \quad (2)$$

$$\frac{dz}{dy} = \sqrt{\frac{(g+2h+i) - (a+2b+c)}{8L}} \quad (3)$$

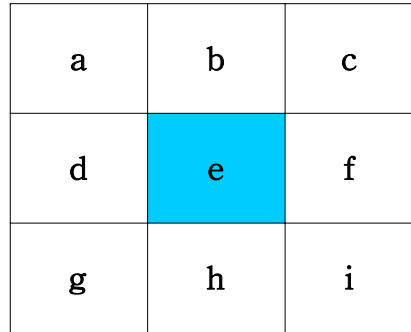


그림 2. 경사도 산출을 위한 셀 번호

2.5 등산로 등급책정 기준

산림청은 등산로의 경사도, 보행편의성, 편의시설의 유무 등을 기준으로 표 1과 같이 1급~3급으로 분류하였다. 산림청 등산로 등급의 경우등급을 나누려는 각각의 기준은 마련되어 있으나, 그 기준이 되는 경사도의 범위는 명확하게 제시되어 있지 않고 있다[3].

표 1. 산림청(2007) 등산로 등급 분류

등급	기준
1	사고의 위험이 높아 전문적인 장비가 필요한 등산로
2	전문적인 장비는 필요치 않으나 노약자 등이 보행하기 어려운 등산로
3	어린이, 노약자 등이 이용 할 수 있는 완경사 등산로

한편, 이금삼과 조화룡은 표 2와 같이 경사도에 의해 지형을 분류하였으며, 20°이상 지형을 급경사지로 판단하였다[5]. 이준우는 등산로 경사도가 심박수에 미치는 영향을 연구하였다. 그림 3과 같이 일반적인 흠길에서는 경사도가 증가할수록 심박수가 증가하게 된다. 또한 20°(약 40%) 부근부터 심박수의 증가폭이 완만하게 나타나는데 이는 보행유형의 변화가 생기거나, 보행속도가 떨어짐으로 인한 현상으로 보인다[6]. 한진태 등은 오르막 경사각에 따른 사람의 보행유형의 변화에 대해 연구하였으며, 16°~24°에서 보행유형의 변화가 탁월해진다는 결과를 얻었다[9].

표 2. 지형학적 경사도 분류

경사	이금삼과 조화룡(2000)		Hudson(1936)	
	등급	명칭	등급	명칭
0~1°	A	평탄지	1	평탄지
1~5°	B	파랑성평야		
5~10°	C	완경사지	2	완경사지
10~15°	D	준완경사지	3	준완경사지
15~20°	E	준급경사지	4	급경사지
20°이상	F	급경사지	5	급준경사지

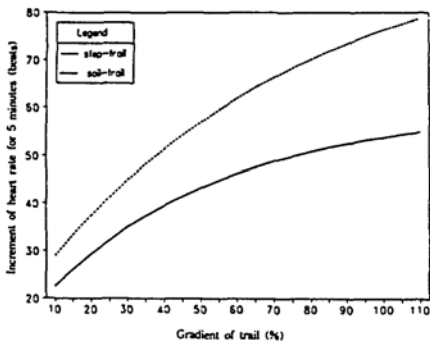


그림 3. 등산로의 경사도가 심박수에 미치는 영향

본 연구에서는 이러한 연구 결과들을 바탕으로 지형학적 혹은 운동역학적으로 20°의 경사도가 등산에 큰 영향을 준다는 것을 알 수 있었다. 그러나 20°이상 급경사지와 관련해서는 사전연구가 거의 이루어지지 않았으며, 등급책정의 기준이 명확하지 않은 상황이다. 따라서 본 연구에서는 0°~20°를 3등급, 20°~45°를 2등급 45°이상을 3등급으로 가정

하여 연구를 진행하였다.

2.6 GIS Modeling

본 연구의 경사도 분석 방법을 다른 연구지역에도 쉽고 빠르게 적용하기 위해서 연구 과정을 ArcGIS의 Model Builder를 이용하여 그림4와 같이 모델링하였다.

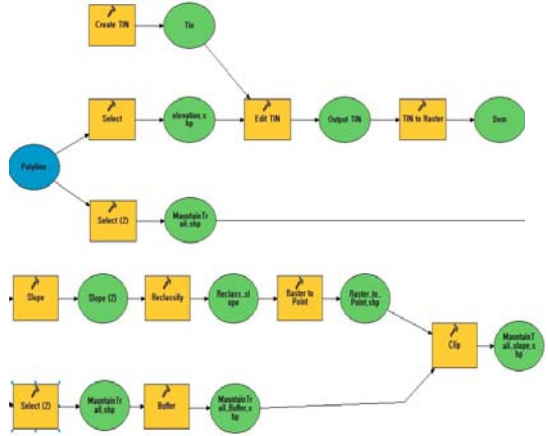


그림 4. GIS Modeling 과정

3. 연구적용

3.1 연구지역

본 연구에서는 대구·경북 시민들이 접근하기 용이하며, 다양한 경사도의 등산로가 존재하여 연구대상지로 적합할 것으로 기대되는 대구광역시 팔공산을 연구대상지로 선정하였다. 그 중에서도 시민들이 가장 즐겨 찾는 곳 중에 하나인 관봉을 목적지로 하는 세 등산로의 경사도를 분석하고 등산로 등급을 책정하였다.

3.2 DEM 생성

수치지형도에서 그림 5와 같이 연구대상 지역인 팔공산 관봉을 목적지로 하는 세 개의 등산로를 기준으로 3차원 TIN을 생성한 후, 이를 격자간격 1m × 1m의 DEM으로 변환하였다. 수치지도 작성 작업 규칙에 따르면 1:5000 수치지형도의 오차 허용범위는 표 3과 같다. 본 연구에서는 산지지형 등고선의 표준편차를 고려하여 격자간격을 1m×1m로 설정하였다.

표 3. 수치지형도 오차 허용범위(1:5000)

내용	표준편차	최대오차
평면위치	1.0m	2.0m
등고선	1.0m	2.0m
표고점	0.5m	1.0m

3.3 경사도산정

DEM으로 경사도 분석을 실행하면 경사도 값은 쉽게 얻을 수 있으나 래스터 모델의 특성상 그 값

의 편집이나 원하는 세부지역, 즉 등산로의 경사도 값을 찾아내는 것은 복잡한 과정을 거쳐야 하기 때문에 비효율적인 측면이 있다. 따라서 본 논문에서는 그림 6의 a와 같은 래스터 모델의 경사도 값을 그림 6의 c와 같이 벡터라이징 하여 벡터 모델로 다시 변환하였다. 이는 래스터 모델 하나의 Cell이 벡터 모델 하나의 Point객체로 변환됨을 의미하며, 각각의 Point객체는 그 위치의 경사도 등급을 속성 정보로 포함하고 있다. 이 때 래스터 모델의 값이 정수가 아니면 벡터 모델로 변환이 되지 않기 때문

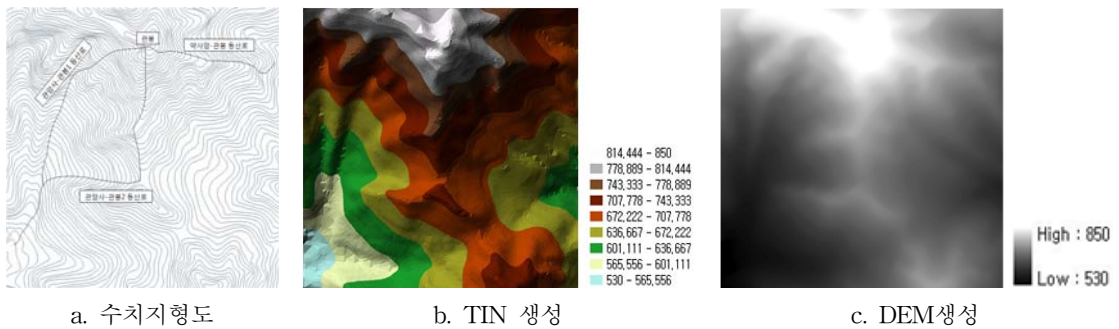


그림 5. DEM 생성 과정

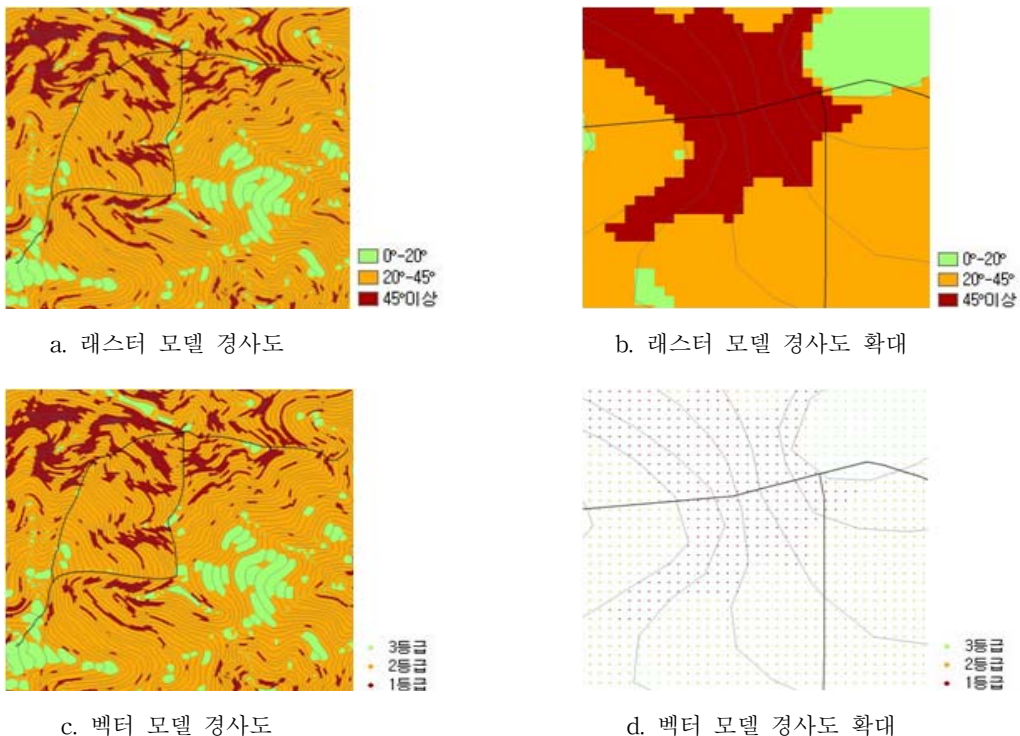


그림 6. 경사도 산정 과정

에 공간분석툴의 재분류를 통한 등급화가 필요하다. 본 연구에서는 0°~20°를 3등급, 20°~45°를 2등급, 45°이상을 1등급의 세 가지로 등급화 하였다.

3.4 등산로별 경사 분석

벡터 모델의 경사등급을 등산로에 부여하기 위하여 그림 7과 같이 각각의 등산로 레이어에 1m범위의 버퍼를 적용한 뒤, 그림 8과 같이 클립 툴을 이용하여 그림 5에서 산정한 등산로 주변 1m 이내의 Point를 추출하였다. 그 결과를 그림 9와 그림 10과 같이 각 등산로의 경사도와 길이를 비교하여 분석하였다.



그림 7. 등산로에 1m buffer설정

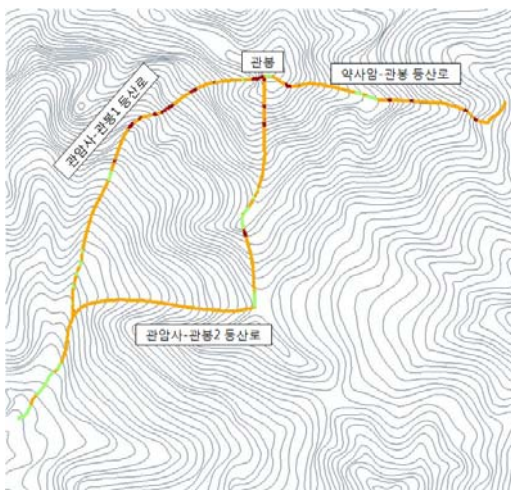


그림 8. Clip을 이용한 등산로 경사등급 부여

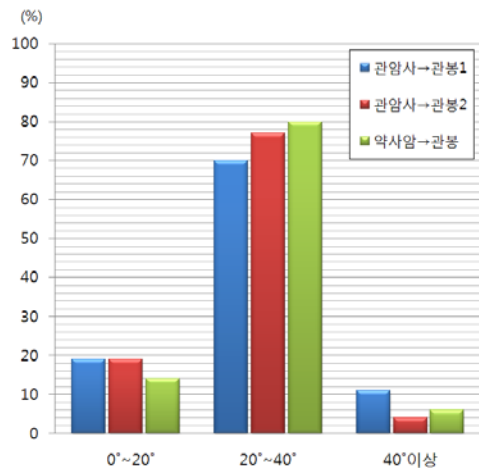


그림 9. 등산로별 경사도 분포

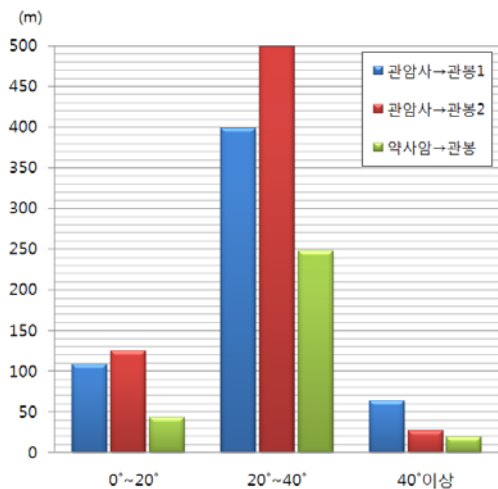


그림 10. 경사도별 등산로 길이

3.5 경사도에 따른 등산로 등급책정

경사도 분석 결과를 표 4에 나타내었다. 관암사-관봉 1등산로의 경우 전체 구간 길이 570m 중 경사도 45°이상의 구간이 63m로 11%를 차지하고 있다. 또한 상대적으로 경사가 완만한 초반부에 비해 후반부는 45°이상의 구간이 급격하게 증가되어 완경사지와 급경사지로 양분되는 모습을 보인다. 이는 등산에 익숙하지 않은 사람들에게 어려움을 줄 수 있으며, 산림청에서 규정한 등급1 ‘사고의 위험이 높아 전문적인 장비가 필요한 등산로’로 볼 수 있다.

관암사-관봉 2등산로의 경우 전체 구간 길이 660m 중 경사도 45°이상의 구간이 27m로 4%를 차

표 4. 각 등산로의 경사도별 길이 및 분포

구 분	전체 구간		0°~20°		20°~45°		45°이상	
	길이(m)	분포(%)	길이(m)	분포(%)	길이(m)	분포(%)	길이(m)	분포(%)
관암사 → 관봉1	570	100	108	19	399	70	63	11
관암사 → 관봉2	660	100	125	19	508	77	27	4
약사암 → 관봉	310	100	43	14	248	80	20	6

지하고 있다. 또한 전체 구간에서 45°이상의 급경사율의 분포도가 낮을 뿐만 아니라, 한 부분에 집중되어 있어, 그 곳만 조심하면 무난하게 목적지 까지 완주 할 수 있으므로 산림청에서 규정한 등급2 ‘전문적인 장비는 필요치 않으나 노약자 등이 보행하기 어려운 등산로’로 볼 수 있다.

약사암-관봉 등산로의 경우 전체 구간 길이 310m 중 경사도 45°이상의 구간이 20m로 6%를 차지하고 있다. 하지만 약사암-관봉 등산로는 다른 두 등산로에 비해 등산로의 길이가 짧아 등산완주에 소요되는 시간이 상대적으로 짧다. 또한 관암사-관봉 1 등산로와 비교해 봤을 때, 급경사지와 완경사지가 등산로 전체에 고르게 분포되어 있어, 완주를 하는데 크게 부담을 주지 않는다. 따라서 산림청에서 규정한 등급2 ‘전문적인 장비는 필요치 않으나 노약자 등이 보행하기 어려운 등산로’로 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 ArcGIS를 이용하여 등산로의 경사도 분석 및 등급을 책정할 수 있는 GIS Modeling 방법을 제안하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 본 연구에서는 수치지형도를 기반으로 ArcGIS를 이용하여 경사도를 분석하고 등산로 등급을 책정함으로써 기존의 방법보다 빠르고 간편하게 등산로 경사도 분석과 등급 책정이 가능함을 알 수 있었다.

둘째, 같은 목적지를 가지는 여러 등산로의 경사도를 비교 및 분석함으로써, 시민들이 자신의 능력에 맞는 올바른 등산로를 선택하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

셋째, 본 연구는 수치지형도의 특성상 수치지형도의 정보에 오차가 있다면, 분석 결과에 오차가 생길 수밖에 없다는 한계점이 있으며, 향후 오차를 최소화 할 수 있는 방법을 찾을 필요가 있을 것으로 보

인다.

넷째, 본 연구는 경사도만을 고려해서 등산로의 등급을 책정 했다. 따라서 향후 등산로의 지반형태, 완주시간, 편의시설 등 다른 요인들도 고려하여 경사도와 함께 연구할 필요가 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] Burrough, P.A., McDonell, R.A., 1998, Principles of Geographical Information Systems, pp. 183-193.
- [2] 박의준, 이정록, 2001, “수치지도와 DEM 데이터를 이용한 호남지역 전통취락의 입지적 특성 분석”, 지리학연구 제35권 제3호, pp. 219-230.
- [3] 산림청, 2007, 등산지원기본계획.
- [4] 신진민, 이규석, 1999, “GIS Software를 이용한 한국 산악지형의 경사도 산출 정확도에 관한 연구”, 한국GIS학회지, 제7권 제1호, pp. 1-12.
- [5] 이금삼, 조화룡, 2000, “DEM을 이용한 한반도 지형의 경사도 분석”, 한국지리정보학회지, 제3권 제1호, pp. 35-43.
- [6] 이준우, 1995, “등산로의 물리적 조건이 심장박동수에 미치는 영향”, 응용생태연구 제9권 제1호, pp. 49-55.
- [7] 이태운, 정재훈, 김태정. 2008, “고해상도 위성영상과 기존 수치표고모형을 이용하여 신뢰성이 향상된 수치표고모델의 자동 생성”, 한국GIS학회지, 제10권 제2호, pp. 193-206
- [8] 이혜숙, 정길섭, 유환희, 2009, “휴대용 GPS에 의한 등산로 경사 분석”, 한국지형공간정보학회지, 17권 제2호, pp. 81-90.
- [9] 한진태, 이종대, 배성수, 2005, “정산인의 오름 경사로 보행 시 경사각에 따른 하지 관절의 삼차원적 동작 분석”, 대한물리치료학회지, 제17권 제4호, pp. 633-650.

논문접수 : 2011.06.28

수정일 : 1차 2011.11.08 / 2차 2011.11.23

심사완료 : 2012.02.01



서 은 수

2010년 경북대학교 지리교육학과 졸업
(교육학사)

2011년~현재 경북대학교 대학원 공간
정보학과 (석사과정)

관심분야는 방재GIS, 공간정보 관리시

스템



최 세 휴

1990년 경북대학교 토목공학과 졸업
(공학사)

1995년 경북대학교 대학원 토목공학과
졸업(공학석사)

2000년 경북대학교 대학원 토목공학과

졸업(공학박사)

2004년~현재 경북대학교 건축토목공학부 부교수

관심분야는 방재GIS, 공간정보 관리시스템