

3차원 지형모델을 이용한 설계용 프로파일 생성 정확도 평가

The Accuracy Estimation of Profile Generation for Planning using 3D Topographical Model

엄대용*, 이은수**, 김지혜***

충주대학교*, 명지전문대학**, 충주대학교***

Um dae-yong*, Lee eun-soo**, Kim ji-hye

Chungju National Univ.*, Myongji College**,
Chungju National Univ.***

요약

도로, 철도 및 운하 등을 비롯한 각종 건설공사를 위해서는 건설공사의 기본설계과정에서 건설예정지에 대한 지형측량을 실시하고 이를 기초로 중·횡단면도의 제작이 필수적인 요소이다. 본 연구에서는 건설예정지에 대한 프로파일 제작에 있어 NGIS구축사업에 의해 제작된 수치지형도의 지형정보를 이용하여 정밀 3차원지형모델을 구축하고, 이로부터 자동 프로파일을 생성하여 중·횡단면도로 활용할 수 있는 방안을 제안하고자 하였다. 이를 위해 수치지형도로부터 표고 및 주요시설물의 레이어를 각각 추출하고 이를 이용하여 정밀 3차원 지형모델을 구축하는 한편, 3차원 지형모델로부터 자동 프로파일을 생성하여 중·횡단면도를 제작하였다. 그리고 생성된 프로파일의 경로에 대하여 지형측량을 실시하여 상호 분석함으로써 자동 생성된 프로파일의 정확도가 현지측량 정확도와 허용정확도를 만족시킬 수 있는지의 여부를 검토하였다. 본 연구의 결과는 건설공사를 위해 실시되는 기본설계과정에서 설계기간의 단축, 설계비용의 감소와 설계업무의 효율화를 꾀할 수 있는 새로운 개념의 프로파일 생성기법으로 제안할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract

In construction work's process of a basic planning, we must carry out a topographical for construction reserved land and to the basis of this, production of profile is Indispensable factor for the purpose of every construction work such as road, rail way, canal and etc. From this research, the production of profile about construction reserved land, using topography information of numerical value topographical map produced by NGIS construction project, construct precision 3D topography model and from this, propose plans for utilizing by producing automatic profile. With the aim of this, abstract every layers of main facilities and altitude from numerical value topographical map and while producing 3D topography model by using this, we produce and product automatic profile from construct precision 3D topography. And about the produced profile's process, a topographical by mutual analysis was carried out to check whether the automatic produced profile's accuracy could be accepted at actual estimation and permissible accuracy. It is considered that the result of the research could be suggested as a new formation techniques concept which can reduce the designing time and expenses and increase the efficiency of planning in the basic design process for the construction.

I. 서론

도로 및 철도는 현대생활에서 필수적인 사회기반시설이자 다목적 국가시설물이다. 최근 교통량의 증가로 인하여 다수의 도로 및 철도에 관한 공사가 계획되거나 건설이 진행되고 있다. 이들 건설공사를 위해서는 건설공사의 기본 및 실시설계과정에서 건설예정지에 대한 정확한 지형측량을 실시하고 이를 기초로 노선의 선정, 공사량 판정, 공사비산정 및 공사기간 등을 결정하게 된다. 이러한 공사의 전반적인 계획의 수립과 공사의 시행을 위해서는 현재의 지형자료의 획득과 함께 평면

및 중·횡단측량이 필연적인 과정이 되고 이의 결과물인 평면도 및 중·횡단면도는 공사량과 공사비를 좌우하는 매우 중요한 설계도면으로 사용된다. 현재 각종 도로공사를 위한 지형현황자료의 획득과 설계도면 제작을 위한 작업은 공사의 시행을 위한 대축척의 설계도면이 요구됨으로 인하여 숙련된 기술자에 의한 현지측량에 의존하고 있고, 이는 공사의 규모와 현장 조건 및 환경 현황에 따라 많은 시간과 비용이 소모됨으로써 큰 부담이 되고 있다. 또한 기술자의 숙련도에 따른 측량정확도의 불확실성은 설계결과물의 정확도에 큰 영향을 미치게 되

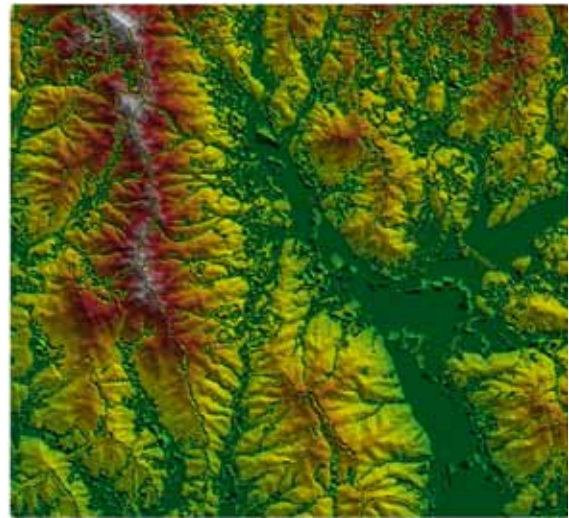
는 현실로서 이 또한 개선의 여지를 안고 있는 문제점이라 할 것이다. 따라서 이러한 현행의 측량작업의 문제점을 개선하고 보다 경제적이며 객관적인 방법에 의한 도로의 설계 및 도면의 제작을 위한 체계적인 연구가 절실히 요구되고 있다.

본 연구에서는 도로건설을 위한 각종 현장측량작업 중 상대적으로 많은 시간과 비용이 요구되는 중·횡단면측량 및 도면의 제작에 있어 수치지형도의 지형정보를 이용하여 정밀 3차원지형모델을 구축하고, 이로부터 자동 프로파일을 생성하여 중·횡단면도로 활용할 수 있는 방안을 제안하고자 한다. 이를 위해 현재 실시설계가 완료된 공사지역을 연구대상지로 설정하고 해당 지역의 수치지형도로부터 표고 및 주요시설물의 레이어를 각각 추출하여 정밀 3차원 지형모델을 구축하였다. 그리고 대축척의 설계도면을 만족시키기 위하여 3차원지형모델에 대하여 표고자료의 보간을 실시하여 기 확정된 노선의 좌표와 동일 지점에 대한 표고를 3차원 지형모델로부터 자동 추출하여 프로파일을 생성하였다. 그리고 생성된 프로파일의 축점의 지반고와 실시설계과정에서 현지측량방법에 의해 획득된 지반고를 상호 비교/분석함으로써 3차원지형모델로부터 자동 생성된 프로파일의 정확도가 현지측량에 의한 정확도와 허용정확도를 만족시킬 수 있는지의 여부를 검토하였다. 본 연구로부터 도로의 건설을 위한 기본 및 실시설계과정에서 필수적으로 요구되는 중·횡단면도인 프로파일의 효율적인 제작방법을 모색하고 설계기간의 단축, 설계비용의 절감과 관련 업무의 효율성과 객관성이 확보된 측량자료를 획득할 수 있는 새로운 개념의 프로파일 생성기법으로 제안하고자 하였다.

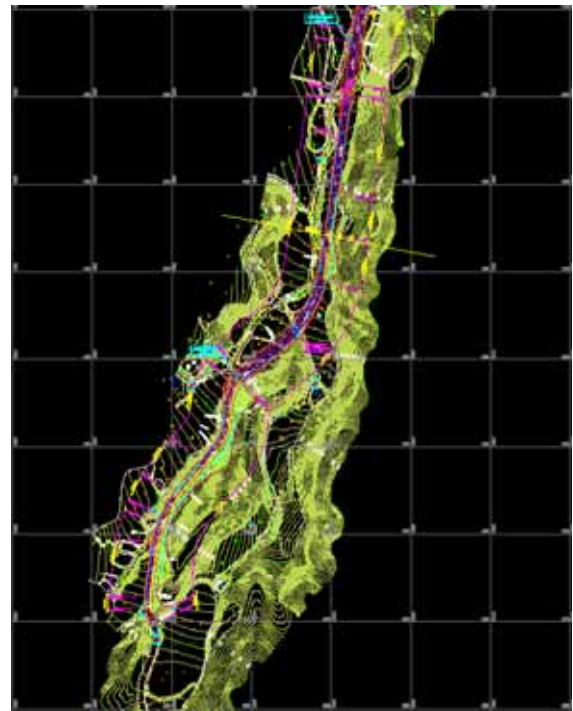
II. 프로파일제작 및 정확도 평가

1. 공사개요 및 연구대상구간 설정

본 연구에서는 현재 도로설계가 완료된 지역을 대상으로 결정하여 연구를 수행하였다. 이는 이미 설계가 완료되어 측량법 제29조에 의한 공공측량 작업규정에 의해 승인을 득하고 동법 제32조 및 34조에 의거 공공측량성과 심사가 완료된 것으로서 향후 3차원 지형모델로부터 획득하게 되는 프로파일과의 상호 비교·분석과정에서 실도면으로서의 활용가능성을 검토하는데 비교자료로서 적절히 이용될 수 있기 때문이다. 본 연구의 대상구간(그림 2)은 충주시에 의해 계획된 ○○~○○간 도로 개설공사 구간으로서 총 연장은 약 1.2km에 해당된다.



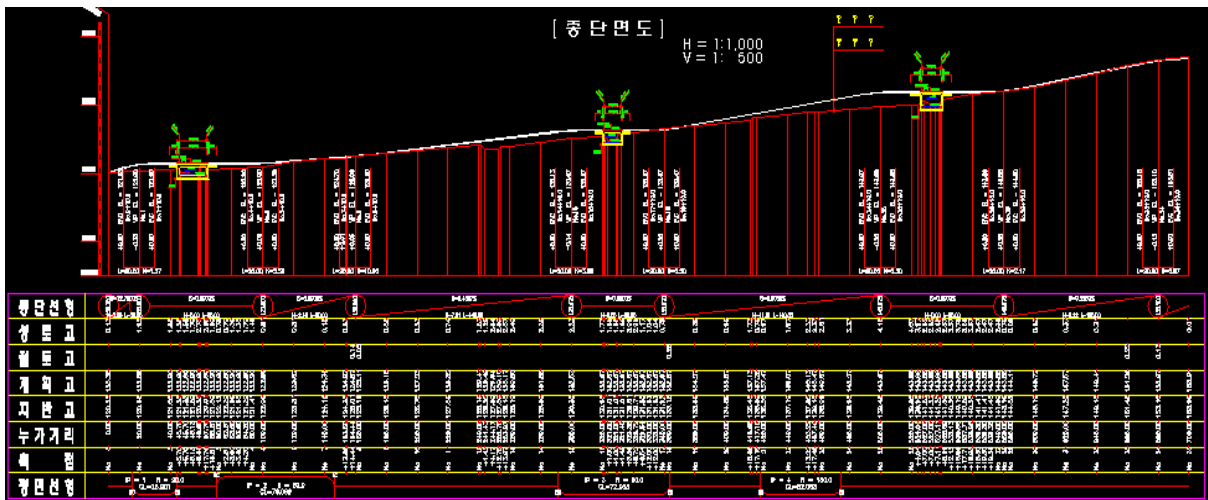
▶▶ 그림 1. 연구대상지



▶▶ 그림 2. 연구대상구간 평면선형

2. 현지측량에 의한 프로파일제작

프로파일의 제작을 위한 현지측량은 계획된 노선의 중심선을 따라 20m마다 축점을 설치하고 매축점마다 표고를 왕복수준측량방법에 의하여 획득하였으며, 종단측량성과는 허용오차인 $5\sqrt{S}$ (S는 편도거리의 km) 범위내에 들도록 하였다. 표 1은 중심선을 따라 설치된 축점에 대한 종단측량성과를 나타낸 것이다. 그리고 그림 3은 종단측량성과를 이용하여 작성된 종단면도(scale 1:500)를 나타낸 것이다.



▶▶ 그림 3. 현지측량자료에 의한 종단면도

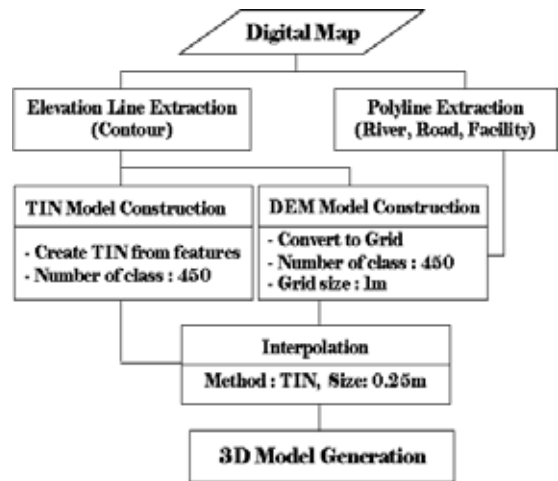
[표 1] 현지측량에 의한 지반고 (단위:m)

NO.	지반고	NO.	지반고	NO.	지반고
NO.00	120.22	NO.21	136.50	NO.42	160.52
NO.01	120.66	NO.22	137.10	NO.43	162.93
NO.02	121.02	NO.23	138.06	NO.44	164.83
NO.03	122.12	NO.24	138.90	NO.45	165.72
NO.04	121.41	NO.25	139.48	NO.46	170.05
NO.05	122.08	NO.26	139.80	NO.47	174.45
NO.06	123.30	NO.27	141.50	NO.48	174.60
NO.07	124.19	NO.28	143.10	NO.49	176.41
NO.08	125.16	NO.29	144.02	NO.50	178.72
NO.09	126.10	NO.30	145.10	NO.51	181.19
NO.10	126.70	NO.31	147.20	NO.52	183.28
NO.11	127.58	NO.32	149.10	NO.53	184.80
NO.12	128.18	NO.33	151.48	NO.54	186.61
NO.13	128.10	NO.34	153.10	NO.55	188.13
NO.14	129.30	NO.35	153.90	NO.56	189.88
NO.15	130.30	NO.36	154.69	NO.57	191.89
NO.16	130.90	NO.37	153.82	NO.58	194.50
NO.17	131.92	NO.38	155.12	NO.59	197.02
NO.18	133.12	NO.39	157.13	NO.60	200.01
NO.19	133.88	NO.40	157.72	NO.61	201.29
NO.20	134.89	NO.41	159.05		

3. 3차원 지형모델에 의한 프로파일 제작

3차원 지형모델을 이용한 프로파일의 작성과 도면의 제작을 위하여 우선 연구대상지 및 노선에 대한 3차원 지형모델을 구축하였다. 3차원 지형모델은 해당지역의 수치지형도(scale 1:1,000)인 DXF파일을 직접 읽어 들여 레이어 코드가 71XX(등고선), 7217(표고점), 73XX(기준점)에 해당하는 레이어만을 추출하고 이를 shape파일로 전환하여 TIN(그림 5)과 격자간격 1m의 DEM(그림 6)을 추출하였다. 그리고 현장측량에 의해 획득된 프로파일과의 축척을 일치시키기 위하여 DEM 격자의 레졸루션(resolution)을 향상시키기 위한 방안으로 TIN을 이용하여 DEM격자에 대한 보간(interpolation)을 수

행하였다. 이상의 처리는 GIS software ArcGIS9.0을 이용하였다.



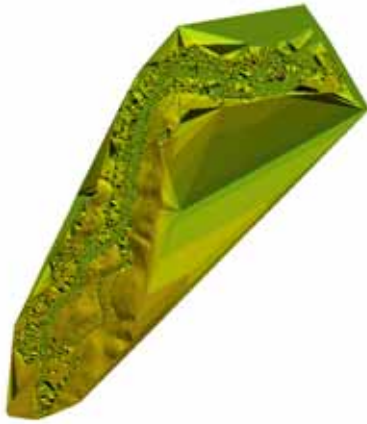
▶▶ 그림 4. 3차원지형모델 생성과정

[표 2] Layer Extraction

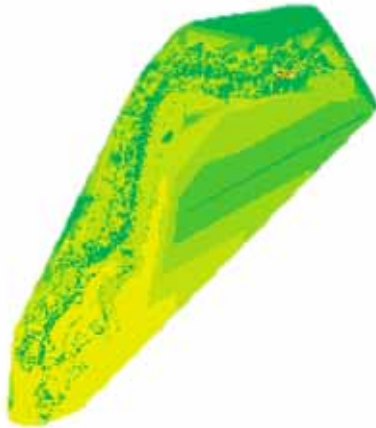
Classification	Coverage Name	Layer
등고선	merge-contour	7111, 7114
표고점	merge-point	7217
하천	merge-river	2111, 2112
도로	merge-road	3111, 3112
		3113, 3117,
시설물	merge-facility	4111, 4112, 4121

생성한 3차원지형모델로부터 대상노선의 축점에 대한 지반고를 추출하였다. 모델내에 선정된 노선을 설정하기 위하여 설계도면인 평면도로부터 노선 중심선에 대한 레이어를 추출하여 이를 3차원지형모델에 중첩하였으며, 설정된 중심선에 대하여 3차원지형모델로부터 프로파일을 자동 생성하였다. 그리고 생성된 프로파일로부터 각 축점별 표고(지반고)를 추출하

였다. 표 3은 상기한 과정을 통하여 3차원지형모델로부터 추출한 측정별 지반고를 나타낸 것이다.



▶▶ 그림 5. 대상노선에 대한 3차원지형모델(TIN)



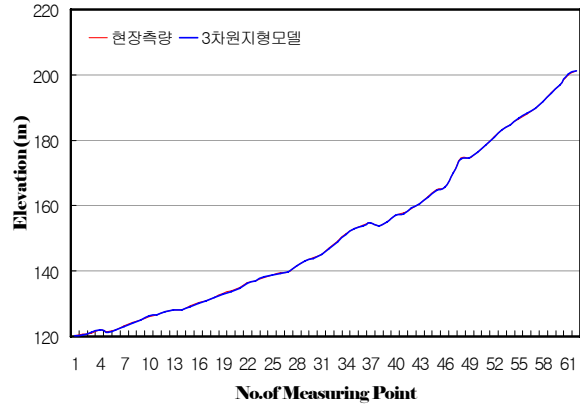
▶▶ 그림 6. 대상노선에 대한 3차원지형모델(DEM)

[표 3] 3차원지형모델에 의한 지반고 (단위:m)

NO.	지반고	NO.	지반고	NO.	지반고
NO.00	120.22	NO.21	136.25	NO.42	160.50
NO.01	120.49	NO.22	137.08	NO.43	162.75
NO.02	121.31	NO.23	138.21	NO.44	164.69
NO.03	122.09	NO.24	138.70	NO.45	165.78
NO.04	121.35	NO.25	139.36	NO.46	170.05
NO.05	122.00	NO.26	139.71	NO.47	174.28
NO.06	123.05	NO.27	141.49	NO.48	174.53
NO.07	124.11	NO.28	143.13	NO.49	176.31
NO.08	125.15	NO.29	143.90	NO.50	178.59
NO.09	126.30	NO.30	145.13	NO.51	181.00
NO.10	126.57	NO.31	147.02	NO.52	183.15
NO.11	127.53	NO.32	148.90	NO.53	184.60
NO.12	128.01	NO.33	151.28	NO.54	186.64
NO.13	128.01	NO.34	153.05	NO.55	188.15
NO.14	129.10	NO.35	153.79	NO.56	189.69
NO.15	130.21	NO.36	154.65	NO.57	191.85
NO.16	131.00	NO.37	153.65	NO.58	194.25
NO.17	131.90	NO.38	155.05	NO.59	197.00
NO.18	133.05	NO.39	157.12	NO.60	200.16
NO.19	133.59	NO.40	157.69	NO.61	201.18
NO.20	134.78	NO.41	159.25		

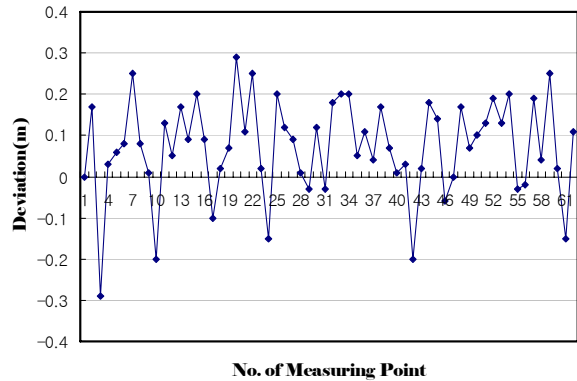
4. 프로파일 생성 정확도 비교-평가

연구대상 노선에 대하여 3차원지형모델을 구축하고 프로파일자동생성모듈에 의해 노선의 선형에 대한 종단프로파일을 자동 생성하였다(그림 7). 그리고 이로부터 노선의 중심선상의 각 측점에 대한 지반고를 추출하여 현장측량에 의해 획득한 지반고와의 상대적인 편차를 산출하였다(그림 8).



▶▶ 그림 7. 프로파일(종단) 비교분석

3차원지형모델에 의해 추출된 지반고에 대하여 공공측량성과 심사를 득한 현장측량성과와 상대적인 편차를 산출하여 분석한 결과, 전체 측점에 대한 절대편차량의 평균은 약 0.114m로 나타났으며, 전체 측점 중 최대편차량은 No.2와 No.19번에서 0.29m의 편차가 발생하는 것으로 분석되었다. 그리고 편차량이 0.20m를 초과하는 12개의 측점에 대한 과대오차를 제외하고 49개 측점에 대한 평균편차량을 산출한 결과 약 0.087m로서 0.1m이하의 상대편차량을 획득할 수 있는 것으로 분석되었다. 분석에서 나타난 편차량은 본 연구를 위해 이용한 수치지형도 축척과 자체에 포함된 오차가 DEM생성 및 보간과정에까지 영향을 미치게 됨으로서 발생한 것으로 추정할 수 있을 것이다.



▶▶ 그림 8. 상대편차분석결과

이 결과는 현장측량에 의해 획득된 측량성곽을 최확값으로 가정하고 이에 대한 상대편차를 분석한 것으로서 실제 적용을 위해서는 본 연구에서 획득한 성곽이 공공측량성곽의 심의에 관한 규정에 부합할 수 있는지의 여부에 대하여 검토되어야 할 것이다. 본 연구에서는 우선 3차원 지형모델에 의한 프로파일의 생성과 그 활용가능성을 점검하고자 한 것으로서 최종 도면보다 상대적으로 소축척인 수치지형도만을 이용하여 승인을 득한 측량결과와 근접한 프로파일 패턴을 획득할 수 있음을 확인한데 그 의미를 두고자 한다. 향후 수치지형도에 대한 오차점검을 통한 보정과 정도 높은 자료보간방법에 의해 보다 정밀한 DEM을 생성하여 보완한다면 향상된 정확도를 기대할 수 있을 것이며, 기본 및 실시설계의 프로파일의 생성 과정에서 충분히 활용 가능할 것으로 사료된다.

III. 결론 및 고찰

본 연구에서는 도로건설을 위한 각종 현장측량작업 중 상대적으로 많은 시간과 비용이 요구되는 중·횡단면측량 및 도면의 제작에 있어 수치지형도의 지형정보를 이용하여 정밀 3차원지형모델을 구축하고, 이로부터 자동 프로파일을 생성하여 중·횡단면 프로파일로 활용할 수 있는 방안을 제안하고자 하였다. 연구결과, 3차원지형모델로부터 획득한 61개 측정점의 지반고는 현장측량성곽과 약 0.114m의 상대편차가 발생하였고 과대오차를 제외하였을 경우에는 0.087m의 편차가 발생함을 확인하였다. 본 연구결과에 대해서는 공공측량작업규정에 부합할 수 있는지의 여부와 정확도의 향상방안에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 하나 본 연구를 통하여 공공측량성곽심의의 승인을 득한 측량결과와 근접한 프로파일 패턴을 획득할 수 있음을 확인한데 그 의미를 부여할 수 있을 것으로 사료된다. 향후 정도 높은 자료에 의해 보다 정밀한 3차원지형모델을 생성하여 보완한다면 기본 및 실시설계에서 설계기간의 단축, 비용의 절감과 관련 업무의 효율성과 객관성이 확보된 측량자료를 획득할 수 있는 새로운 개념의 프로파일 생성기법으로 제시될 수 있을 것으로 사료된다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 권혁춘, 이병걸, "산악지역에서의 수치사진측량에 의한 DEM추출과 GIS를 이용한 3차원 도시시물레이션에 관한 연구", 한국측량학회지, 제24권 제1호, pp.123-130, 2006.
- [2] 건설교통부, 환경친화적인 도로건설 편람, 2004.
- [3] 김관중, 도로계획 및 설계시 최적노선대 선정을 위한 전산모형 적용성 연구, 박사학위논문, 한양대학교, 2007.
- [4] 김대진, 설계도면 작성기준 개선방향에 관한 연구:도로, 지하철 건설 중심으로, 석사학위논문, 인하대학교, 2006.
- [5] 박찬수, 이성규, 서용철, "수치지형도를 이용한 DEM 자동생성 기법의 개발", 한국지리정보학회지, 제10권 제3호, pp.113-122, 2007.
- [6] 우재운, "수치표고모형 구축을 위한 지형별 보간 방법 및 격자크기에 관한 연구", 개방형지리정보시스템학회 논문지, 제3권 제3호, pp.5-19, 2001
- [7] 이근상, 최연웅, 조기성, "DEM기반 조합방법에 의한 경사도 평가기법의 제안", 대한토목학회논문집, 제26권 제6호, pp.1019-1023, 2006.
- [8] 이종출, "동적 GPS에 의한 도로의 평면선형 분석", 한국측량학회지, 제19권 제1호, pp.39-45, 2001.
- [9] 이형석, 노선선정 최적화를 위한 지형공간정보체계와 계층분석과정의 연계, 박사학위논문, 충남대학교, 2001.
- [10] 최영락, 노유진, 광재하, 강인준, "도로선형설계를 위한 기하구조요소 분석", 대한토목학회 학술발표논문집, pp.387-390, 1999.