

# 수치표고모형에 있어서 표고추출법의 연구 Study on Sampling Techniques for Digital Elevation Model

강인준\* · 정재형\*\* · kwak재하\*\*\*

Kang In-Joon, Jung Jae-Hyung and Kwak Jae-Ha

## 요 지

수치표고모형에 있어서 표고자료의 추출은 매우 중요하다. 표고의 추출은 스캐닝방법과 디지털이징 방법이 있으나 본 연구에서는 디지털이징에 대한 것이다. 연속적 추출법은 하나의 등고선을 동일한 개체로 묶는 것이며, 정규격자법은 각 격자를 대표할 수 있는 표고데이터를 직접 읽는 방법이다. 그리고 지성선을 구성하는 등고선내의 추출점을 동일한 개체로 묶는 방법이 불규칙 삼각망법이다. 연구결과에서 연속적 추출법은 입력시간이 적게 걸렸으며, 불규칙 삼각망법은 추출점의 수가 가장 적게 나타났다.

## ABSTRACT

Sampling techniques is very important in digital elevation model. There are scanning and digitizing method of sampling techniques. This study is limited in digitizing method. Continous sampling method use contour lines as same entity and grid method is a direct reading of sample elevation in each grid. Triangulated irregular method is needed to identity topographical lines to sample elevation data. As a results, authors know that continous sampling method has economic in input system and triangulated irregular method has a small memory size.

## 1. 서 론

수치표고모형(digital elevation model)은 저장된 기지의 자료로부터 필요에 따라 여러 가지의 지형정보를 수치화 할 수 있는 기법으로 미국에서 도로설계에 대한 대체노선의 평가와 토공량 산정에 적용하므로서 시작되었다.<sup>1)</sup> 국내의 경우 DEM의 응용에 관한 연구가 많이 되었으며, 토공량 산정에 관한 정도 연구<sup>2)</sup>와 프랙탈 함수를 이용한 등고선 제작<sup>3)</sup>에 관한 연구 등이 있었다.

본 연구는 DEM의 획득과 입력의 형태에 관한 것으로서 DEM을 구성하기 위해서는 기존도면을 이용하는 방법과 항공사진 측량이나 원격탐사, 전파측량 등을 이용하는 실측방법이 있다. 기존의 도면을 이용하는 경우 여러 가지 방법이 있으나 스캐너(scanner)에 의한 등고선의 추출방법이 가장 편리하고 손

쉬운 방법으로 알려지고 있다. 비용이 저렴한 퍼스널컴퓨터나 마이크로스테이션 등으로 기존지도의 지형정보를 스캐너로 추출한 연구가 있었다.<sup>4,5)</sup>

본 연구에서는 디지털이저를 이용한 기존지도의 지형정보 표본추출방법을 비교 고찰하였으며, DEM에 관한 연구는 그림 1과 같이 나누어질 수 있다.

## 2. 디지털이저를 이용한 표고의 추출방법

### 2.1 연속적 추출법

지형을 선으로 표현하는 방법의 대표적인 것이 등고선이다. 이러한 등고선의 특징을 잘 반영한 방법이 연속추출법(continous sampling method)으로서 하나의 등고선을 동일한 개체(entity)로 묶는 방법이다.<sup>1)</sup> 이 방법은 동일한 높이의 등고선상에서 등고선의 형상을 잘 반영하는 점을 선택하여 그 점들을 벡터화하고 단일개체화 하여 취급하는 기법이다. 디지털이저를 이용하는 방법 중에 개념이 간단하여 많이 채택되고 있다. 디지털이저는 평면좌표가 기본적으로

\*부산대학교 토목공학과 부교수

\*\*부산대학교 토목공학과 석사과정

\*\*\*부산대학교 토목공학과 석사과정

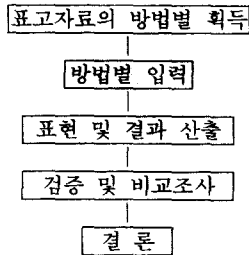


그림 1. 연구진행 방법

입력되므로 하나의 등고선을 하나의 개체로 묶어 처리한다.

### 2.2 정규 격자법

DEM 구성의 초기적 방법으로 표고의 추출을 정해진 격자(grid)의 높이를 입력하므로서 완성된다.<sup>5,6)</sup> 디지털이저는 위치를 잡아주고 오퍼레이터는 각 격자를 대표할 수 있는 표고 데이터를 지도에서 직접 읽어서 입력하는 방법으로서 먼저 격자의 크기와 범위를 정하고 기존의 지도에 표시한 다음 디지털작업을 하며, 격자의 형태는 정사각형, 직사각형 또는 삼각형 격자를 사용할 수 있다. 벡터화하는 작업이 없고 점고도(point elevation)의 방법으로 표현되므로 프로그래밍 작업이 간편한 장점이 있다.

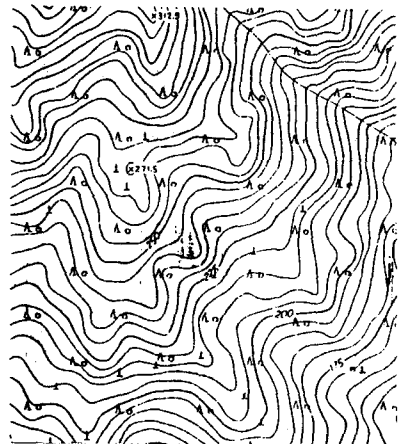
### 2.3 불규칙 삼각망법

대부분의 수치표고 처리 프로그램이 내부적으로 TIN(triangulated irregular network)을 사용하고 있으며 정밀도에 관한 연구도 많다.<sup>6,7)</sup> 먼저 지성선을 판별하고 하나의 지성선을 구성하는 등고선 내의 추출점을 동일한 개체로 묶어서 이용하는 방법이다. TIN은 연속적 추출법과 같이 벡터적인 구조를 가지고 있으므로 컴퓨터 자원의 효율적인 사용에 장점이 있으며, 지형의 주요점, 즉 산지, 계곡 등의 지성선을 빠뜨리지 않고 추출할 수 있으므로 수치지형모델로서 지형의 기복을 근사적으로 표현하는데 장점이 있다.

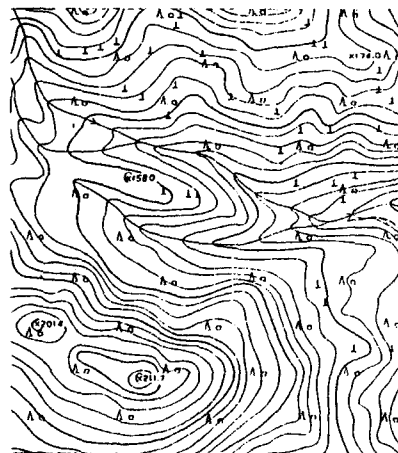
## 3. 적용 예

### 3.1 모델 지역의 선정

부산에 위치한 금정산 일부지형을 선택하여, 축척 1/5000의 지형도를 기본도로 하였으며 모델지형은



(A)



(B)

그림 2. 모델지역의 지형도(1/5000)

그림 2와 같이 완만한 경사지와 봉우리가 있는 두 곳으로 하였다. 기본적으로 50 m 간격의 등고선만을 이용하였으며, 디지털작업은 100 m 간격으로 하고, 50 m 간격의 정도평가 등고선을 선형보간으로 구하는 추출점 선택의 정도를 파악하였다. 그림 3은 모델지역의 등고선으로서 등고선의 간격은 50 m이다. 검사점(check point)의 위치는 그림 4와 같으며, 모델지역의 3차원 지형도는 그림 5와 같다.

### 3.2 디지털작업과 등고선의 재현

디지털작업은 IBM 386 퍼스널컴퓨터에서 AutoCAD를 이용하여 작업하였으며,<sup>8)</sup> 추출정밀도 판별을 위한 등고선의 재현은 아래와 같이 구성을 하였다.

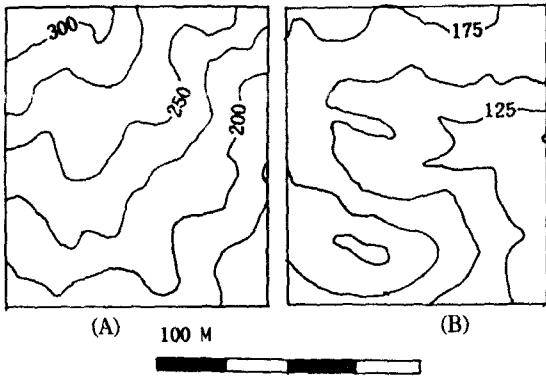


그림 3. 모델지역의 등고선

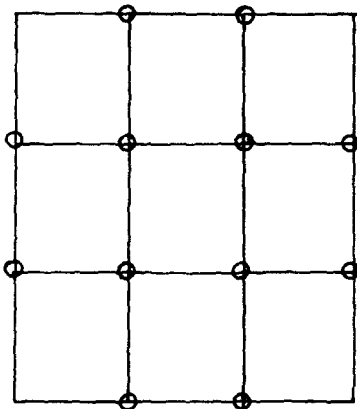
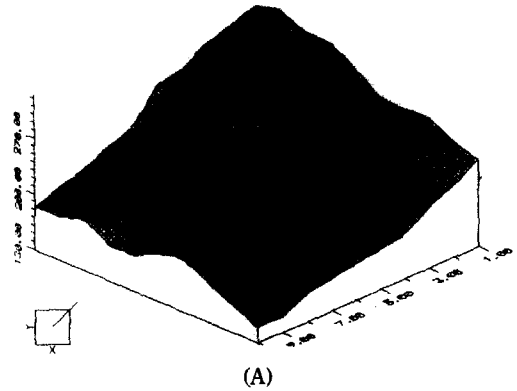


그림 4. 검사점의 위치

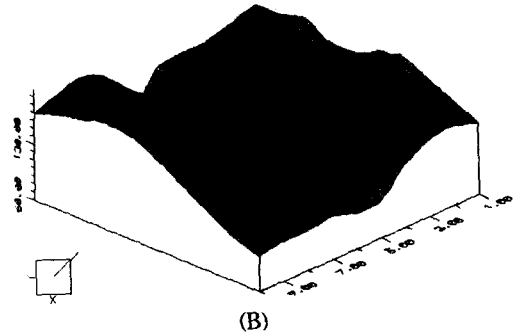
디지털이저는 정밀도 0.025 mm의 Summar Graphics사의 Summa 12"×14"를 사용하였으며, 플로터의 경우는 A3 크기의 Roland DG를 이용하였다. 그림 6은 작업을 수행하는 순서도를 보여주고 있으며, AutoCAD의 DWG 파일을 이용하기 위해서 DXT file 포맷을 이용하였다. 그림 7은 AutoCAD의 DXF 파일 포맷을 보여주고 있으며, 본 연구에서 부수적으로 제작된 등고선 프로그램은 Turbo C V2.0으로 제작하였고 ENTITIES Section을 이용하였다.

### 3.3 입력요소의 비교검토

추출의 전문성에 있어서는 연속적 추출법과 정규 격자법은 작업자가 전문적인 지식과 능력이 요구되지 않고 교육기간도 짧은 반면 불규칙 삼각망법은 균일한 정도의 자료를 확보하는데에 약점을 가지고 있지만



(A)



(B)

그림 5. 모델지역의 3차원 지형도

대상지역을 효율적으로 표현할 수 있다는 장점을 가지고 있었다.

추출점의 수는 입력의 시간에 영향을 주는 요소이며 작업자의 노동력 컴퓨터의 용량을 단적으로 보여주는 부분으로서 실제로 추출된 자료와 작업의 양에 상당한 영향을 주었다. 그리고 컴퓨터 조작에 필요한 명령어와 키스트로크(key stroke)의 갯수를 가지고 입력시간을 평가하였다.

$$N = I + E + (3 \times P) + D \quad (1)$$

여기서 N : 입력시간

I : 시작 명령어의 수

E : 끝 명령어의 수

P : 등고선 입력점의 수

D : 디지털이징 입력점의 수

연속적 추출점의 경우는 6개의 시작, 6개의 끝, 6번의 등고선 입력(3자리) 그리고 71번의 디지털이징으로 101개, 정규격자법의 경우는 50번의 등고선 입력(3자리)과 50번의 디지털이징으로 200개, 불규칙 삼

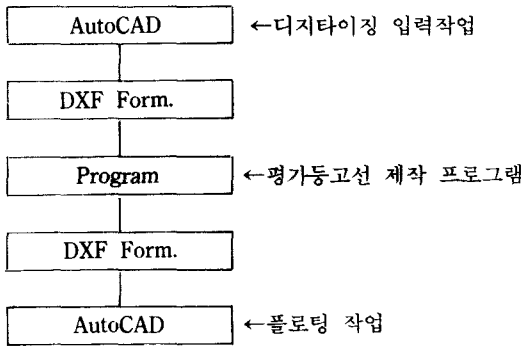


그림 6. 연구수행의 순서

각방법의 경우 12개의 시작, 12개의 끝, 19번의 등고선 입력(3자리), 44번의 디지털라이징으로 125개이었다. 등고선의 높이를 입력하는 경우 기본적으로 3자리수가 필요하므로 등고선의 입력에는 키보드 입력이 3배의 증가요인이 있다.

DEM의 정밀도 평가는 경험적인 방법을 많이 이용하고 있으며, 추출방법의 정도평가는 평가등고선을 구성한 후 검사점 방법을 이용하여, 간접적인 접근을 하였다. 검사점은 총 12개로 구성하였고<sup>11)</sup> 검사점중 4개는 모델지역의 중심부, 나머지 8개는 모델의 경계지점에서 배치하였다.

각 방법의 등고선 보간법은 선형보간을 원칙으로 하였으며 정규 격자법의 경우 4방향 보간을 이용하였고 추출의 정도는 식 (2)와 같다.

$$\Delta H = \sum |H_r - H_i| \quad (2)$$

여기서  $H_r$ : 등고선에서 얻은 표고

$H_i$ : 평가 등고선에서 얻은 표고

그림 8과 그림 9는 각각 모델지역(A)와 (B)의 각

```

SECTION
2
HEADER
0
ENDSEC
0
TABLES
0
TABLE
2
VPORT
70
.....
ENDSEC
0
SECTION
2
BLOCK
0
ENDSEC
SECTION
2
ENTITIES
0
ENDSEC
0
EOF
  
```

그림 7. AutoCAD DXF format

방법에 의한 추출의 예와 추출된 자료로부터 재현된 정도평가 등고선을 보여주고 있다. 재현된 등고선은 추출된 자료를 AutoCAD로부터 받아서 본 연구를 위해 제작된 등고선 프로그램을 이용하여 등고선을 구한 후 AutoCAD로 플로팅작업을 하였다.

그림 8의 (a, b, c)는 모델지역(A)에서 연속적 추출법, 정규격자법, 불규칙 삼각망법으로 표본추출 한 예를 보여주고 있으며 (d, e, f)는 각 방법으로 구성한 자료

표 1. 정밀도 파악을 위한 검사점의 높이

(단위 : 미터)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	310	265	277	267	245	181	222	240	210	175	175	192
B	175	192	165	140	137	137	187	167	147	112	170	135
선형 A	310	273	275	272	240	180	225	230	210	180	180	180
선형 B	175	180	170	140	130	127	180	165	150	110	170	150
정규 A	305	260	275	265	235	180	220	235	210	165	185	180
정규 B	185	185	165	140	135	130	180	170	135	120	170	140
불규칙 A	315	270	275	270	240	180	225	235	220	180	187	182
불규칙 B	176	180	167	145	135	127	185	170	150	115	173	140

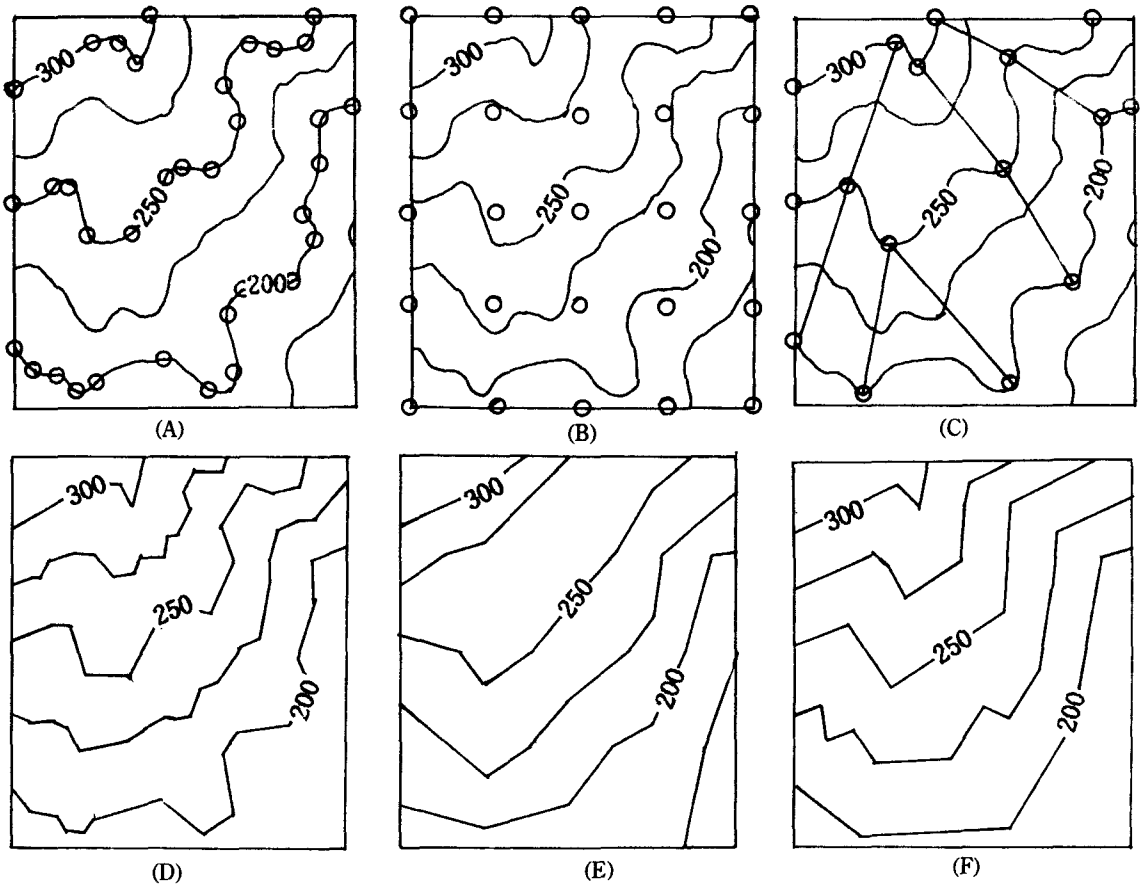


그림 8. 추출법의 비교(모델 A)

를 이용하여 제작된 정도 평가등고선이다. 그림 9는 모델지역 (B)를 보여주고 있다.

### 3.4 비교고찰

디지털타이저를 이용하여 기존지도에서 표고를 얻는 방법을 비교하였다. 추출점의 수, 입력시간 그리고 추출의 정도는 서로 밀접하게 관련되어 있으므로 동시에 고려하였으며, 비교의 제한성으로 완전 비교는 어려우나 결과를 정리하면 표 2와 같다. 여기서 입력시간 및 추출의 정도는 키스트록 갯수를 가지고 평가하였다.

연속적 추출법은 추출점의 수가 많지만 등고선의 높이 입력이 적으므로 가장 적은 시간이 들었다. 정도는 다른 방법에 비교해서 떨어지는 않으나 입력점의 수가 많았다. 그러나 대규모의 작업에서 시간이 가장 적게 소요되는지는 연구가 필요하다.

정규격자법은 입력시간이 가장 많이 들었고 디지털타이저의 장점을 감소시키는 결과가 나왔다. 그러나 정도를 조정하기가 쉽고 균일한 정도를 확보할 수 있으며, 전체적으로 수행할 작업의 양과 필요한 컴퓨터 자원의 예측이 가장 정확하다는 장점을 가지고 있다.

그리고 불규칙 삼각망법은 추출점의 수가 가장 적었으며, 입력점의 수가 적기 때문에 모델지역이 아닌 실제작업을 할 경우는 많은 효과를 얻을 수 있었다. 그러나 작업자가 자료의 질을 관리하므로 DEM의 전반적인 이해가 필요하고 다수의 작업자가 작업을 하므로 이에 따른 대책이 필요하다고 판단되었다.

## 4. 결 론

수치지형모델에 있어서 디지털타이저를 이용한 표고

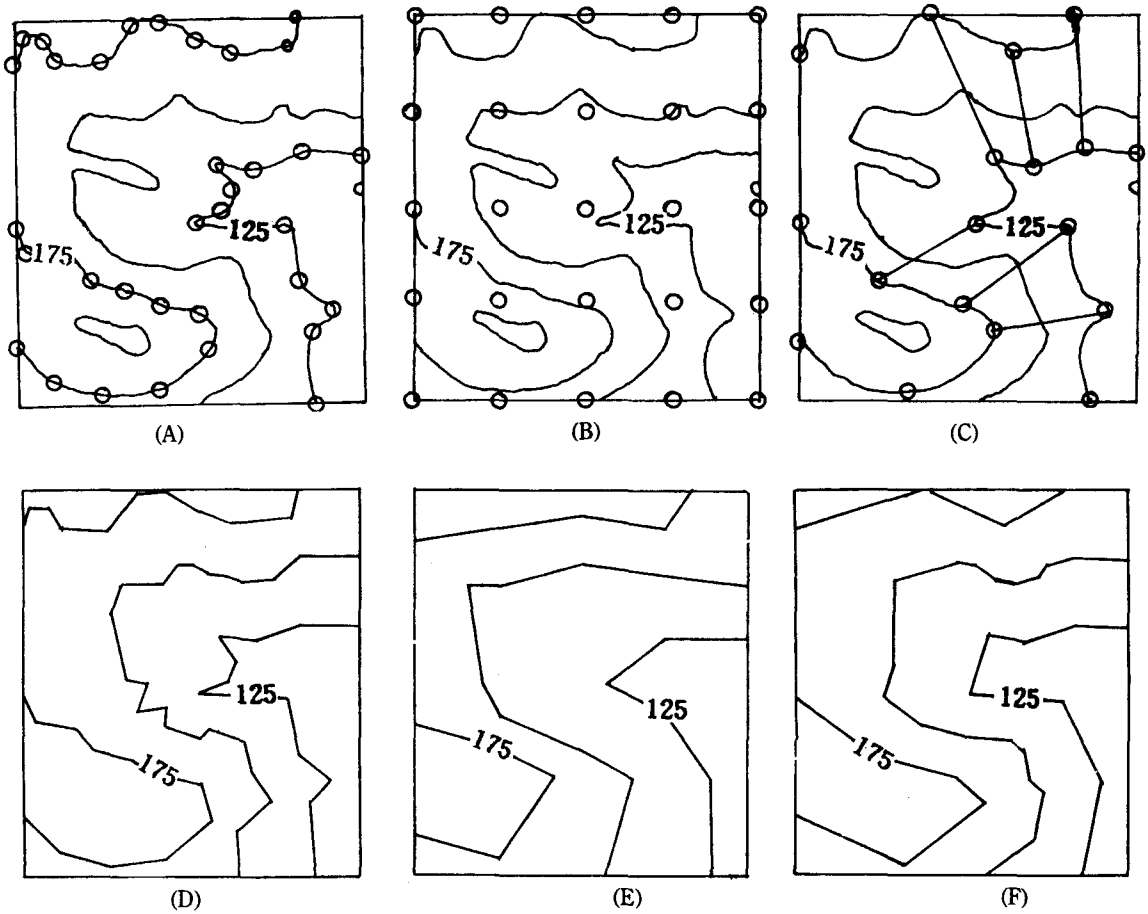


그림 9. 추출법의 비교(모델 B)

표 2. 연속적 추출법, 정규 격자법, 불규칙삼각법의 비교

구 분	점선정의 전문성	정도의 균일성	추출점의 수	입력 시간	추출의 정도
연속적추출법	2	2	71	101	115
정규격자법	3	1	50	200	125
불규칙삼각법	1	3	44	125	118

입력법에 대하여 연속적 추출법, 정규격자법, 불규칙 삼각망법에 대한 결론은 다음과 같다.

첫째, 입력시간을 보면 연속적 추출법을 기준으로 할 때 정규격자법은 2배, 불규칙 삼각망법은 1.25배로서 연속적 추출법이 가장 적게 소요되었다.

둘째, 추출점의 수를 보면 불규칙 삼각망을 기준

으로 연속적 추출법은 1.6배, 정규 격자법은 1.1배로서 불규칙 삼각망법이 작업량과 컴퓨터 처리용량이 가장 적은 것으로 나타났다.

셋째, 표고자료를 얻기 위한 디지털링 방법은 기존지도의 등고선 색분리에 의한 방법으로 자동산출이 가능하므로 이에 대한 연구가 지속적으로 필요하다고 생각된다.

### 참고문헌

1. 유복모, 사진측정학, 문운당, 1992, pp. 269-279. "System for Land Resources Assessment", Clarendon Press.
2. 문두열, 수치지형모형을 이용한 토공량 계산의 정확도 향상에 관한 연구, 동아대학교 박사학위 논문, 1990.

3. 최재환외 2인, "FRACTAL 기법에 의한 등고선 생성에 관한 연구", 한국측지학회지, 제 10권, 1호, 1992, pp. 51-57.
4. 유복모, 유환희, "스캐너를 이용한 지형공간정보체계의 지형자료구축 방안", 토목학회학술발표집.
5. Laurene, James, "Desktop Scanning for Cartographic Digitization and Spatial Analysis", PE & RS, No 11, Vol. 57, 1991, pp. 1437-1446.
6. Mark S. Monmonier, Computer-Assisted Cartography, Prentice-Hall, 1982, pp. 58-65.
7. T.J.M. Kemmie, Engineering Surveying Technology, John Wiley & Sons, 1990, pp. 391-396.
8. AutoCAD Reference Manual, AutoDesk Co., 1990, pp. 395-420.
9. P.A. Burroughs, Principle of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment, Clarendon Press Oxford, 1986, pp. 39-56.
10. Jayanta, K. Sircate, Juan A. Cebrian, "An Automated Approach for Labeling Raster Digitized Contour Maps", PE & RS, No. 7, Vol. 57, 1991, pp. 965-971.
11. Zhilin Li, "Effects of Check Points on the Reliability of DTM Accuracy Estimates Obtained from Experimental Tests", PE & RS, No. 10, Vol. 66, 1991, pp. 1333-1340.