

지성선을 이용한 밀도증가식 표본추출법에 관한 연구

A Study on Progressive Sampling with Distinct Morphologic Features

曹 圭 田*
Cho Kyu-Jon

要 旨

수치지형모형(DTM)은 지형정보자료를 취득하는 표본추출과 지형을 기하학적으로 재현, 묘사하는 보간법의 두가지 기본요소로 구분된다. 이들은 지형의 형태에 따라 영향을 받으며, 지형의 불규칙성이라는 측면에서 볼때 후자보다는 전자에 더 비중을 둔다. DTM 평가의 가장 중요한 요소는 정확성과 효율성이며 표본추출과정은 위 두가지 요소에 영향을 주며 특히 지성선의 지형정보는 DTM의 정확성에 크게 영향을 준다. 본 연구에서는 밀도증가식 표본추출법을 중심으로 지성선 지형정보를 이에 첨가함으로써 효율적이며 정확도가 높은 DTM 자료와 기술을 얻고자 하였다. 이를 위해서 총 240 가지의 독립된 수치 비교시험이 실시되었으며 적절한 전산프로그램도 개발되었다. 연구결과 지성선 정보를 첨가했을 경우 효율성은 조금 떨어지나 정확도에서 약 30% 향상됨을 알 수 있었다.

ABSTRACT

Digital Terrain Model is composed of two basic elements, namely, sampling and interpolation. They represent the procurement of data and the geometric reconstruction of terrain relief respectively. For evaluating DTM data, following two parameters appear to be the most important factor, that is, the accuracy and efficiency and, in particular, the break point information significantly affect to the accuracy of DTM data. The main objective of this study is to improve the accuracy and efficiency of DTM by applying Progressive Sampling with distinct morphologic information. In this study, the total of 240 individual numerical tests has been implemented and the appropriate computer program is also developed for the test. The result of investigation shows that the Progressive Sampling with break point information improves the accuracy of DTM by 30 percent approximately.

1. 서 론

수치지형모형(digital terrain model)이란 지표면상에서 측정된 모든 불연속점의 좌표값과 이에 연관된 보간법을 근간으로 하여 불규칙한 지표면을 수치적으로 해석하는 것이라 정의할 수 있다. 다시 말해서 지표면상에 있는 임의의 점들의 3차원좌표를 측정한 뒤 그 측정된 좌표값으로부터 지표의 한 단편을 기하학적으로 재

현, 묘사하는 것을 의미한다.^{1),2)} 따라서 기하학적 형태의 지형을 수치적형태로 변환시켜 컴퓨터처리에 알맞도록 수치지형정보 자료은행(data bank)을 설치하여 이들 자료를 효과적으로 활용(자동지도 제작 등)할 수 있도록 함에 그 목적이 있다. 수치지형모형의 정보자료는 평면지형정보와 기복지형정보로 구분될 수 있으나, 일반적으로 지성선 지형정보와 같이 평면지형정보가 필요한 극히 일부의 경우 이외에는 주로 지형의 기복에 대한 정보 자료만을 취급하고 있다.

* 京畿大學校 工科大學 助教授

수치지형 모형은 두가지 중요한 기본 역할로 구분된다. 즉 표본추출과 보간법이다. 표본추출과 보간법은 상호관련을 가지며, 이들 연관성은 지형의 형태에 따라 크게 영향을 받는다.^{2),3),12)} 만일 지형의 형태가 획일적이라 한다면 표본추출과 보간법은 서로 똑같은 중요성을 갖을 것이다. 그러나 일반적으로 지형은 불규칙한 단면으로 형성되어 있기 때문에 지형과 보간법의 관계보다는 표본추출법과의 관계가 더 중요하다^{4),5),6),7),8),9),10)} 따라서 표본점의 형태, 표본추출법 및 추출과정은 DTM의 정확도와 효율성에 크게 영향을 준다. 본 연구에서는 몇 가지의 중요한 기본 입력요소, 즉 지형의 종류, 시산값 표본추출조건들의 영향에 대하여 검토되었으며 특히 지성선자료가 정확도에 어떻게 영향을 주는가에 대하여 집중검토되었다.

지성선(morphological line)이라 함은 일반적으로 지형의 형태가 규칙적인 변화형태를 벗어나 접선의 방향이 급격히 변화하는 지형을 말하며 깊은 협곡, 산정, 오목지, 능선, 인공지형지물에 의한 단선 등이 좋은 예이다.⁷⁾

밀도증가식 표본추출법에 의하여 추출된 표본은 지형의 특성에 잘 부합되는 장점이 있는 반면에 위와 같은 지성선 자료가 추출과정에서 누락되어 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 이러한 현상은 표본점간의 간격이 좁고 조밀한 복잡한 지형에서는 무시할 정도이나 지형의 형태가 매우 단조로운 단순, 평탄지형에서는 그 영향이 크다. 특히 과대오차는 주로 이러한 지형에서 발생하며 이로 인하여 토공량 산출에서 오차가 크게 나타난다. 따라서 지성선 표본자료의 추가 추출은 정확도 향상면에서 매우 중요한 것이다.

본 연구에서는 이러한 점을 보완하기 위하여 지성선자료를 추가로 추출함으로써 정확도와 효율성에 미치는 영향을 검토하고자 하였다. 특히 토공량산출을 토대로 하여 정확성을 분석함으로써 일반 토목공학의 설계 및 토공량산출에 하나의 지침이 될 수 있도록 하였다.

2. 표본추출

(1) 기본형 표본추출

밀도증가식 표본추출(progressive sampling)은 기본점 9점으로 형성되는 기본격자점 추출로부터 시작되며(영차추출), 영차추출에서 얻어진 표본점의 자료(9점)를 분석하여 차회(1, 2, 3, ...차)에 필요한 표본점의 위치를 결정하고 동시에 입체도화기에 연결된 컴퓨터로 하여금 관측장치가 새로이 추출되어야 할 표본점의 위치로 가도록 명령한다. 이와같은 방법을 반복하여 표본점의 밀도가 지세의 복잡성에 부합되도록 추출회수를 2차, 3차, 4차, ...등으로 반복 수행한다.^{15),16)} 일반적으로 컴퓨터의 소요용량을 극소로하고 작업의 편의성을 위하여 전체 작업단위(항공사진 한개의 입체모델)를 여러개의 단편으로 분할한다. 즉 이들 단편 하나하나를 한개의 기본 작업단위로 하고, 이것을 PATCH라 한다. 한개의 PATCH는 5개의 각각 다른 격자점으로 구성되며 PATCH안의 격자점이 완전히 채워졌을때는 총 33×33의 표본행렬이 된다. (표 1) 이들 표본점의 좌표는 매회 표본추출시마다 컴퓨터에 기록되어 추후 관측장치를 표본점의 위치로 자동이동시키는데 이용된다.^{13),14)} PATCH의 크기는 일반적으로 관측장비의 대안렌즈의 시계를 벗어나서는 안된다. 이것은 관측자로 하여금 표본추출과정을 점검하고, 필요하다면 보완 조정할 수 있도록 하기 위함이다.

표 1. Patch 안에 있는 표본점의 구성

추출자수	부 호	최대점수	간 격	P의 값
0	·	9	a/2	P=16
1	+	25	a/4	P=8
2	0	81	a/8	P=4
3	X	289	a/16	P=2
4	·	1089	a/32	P=1

(2) 표본점의 추출

표본추출은 입력자료의 분석과 표본점의 추출로 구분된다.

입력자료분석의 제 1 단계는 각 행과 열의 인

접된 3개의 점들의 제 2차 높이차를 구하는 것이다. 제 2차 높이차는 제 1차 높이차로부터 계산된다. 제 2차 높이차 δh 는 행과 열을 독립적으로 계산하는 방법과, 행과 열을 서로 바꾸어서 계산하는 방법, 행과 열을 대각선 방향으로 계산하는 방법 등이 있다.

제 2차 높이차의 일반식은 다음과 같다. ^{12), 15) 16)}

$$\delta h_{i,j} = h_{i,j-p} - 2h_{i,j} + h_{i,j+p}$$

여기서, $p=2^{(r_{max}-r)}$ (표 1 참조)

r_{max} ; 최대추출회수

r ; 현재의 추출회수

제 2차 높이차, δh 는 입력자료에 포함된 우연오차에 관계없이 지형의 기복상태에 관한 어떤 형태의 정보를 수록하고 있다. 만일 지형의 기복상태가 복잡하면 이에 따른 표본점의 밀도도 증가하게 된다. 따라서 입력자료를 분석함에 있어 제 2차 높이차를 이용한 어떤 기준값(시산값 및 추출조건)을 부여한다면 이에 따라 표본점의 밀도를 조절할 수 있으며 동시에 지형의 기복도와 연관을 맺을 수 있다. 이러한 사항들은 제 1차 표본추출이 종료된 후 결정하게 된다.

제 2차 높이차, $|\delta h_i|$ 가 시산값, δh_{th} 보다 클 경우에는 새로운 표본점이 추출된다. 다시 말해서 어느 인접된 두 점의 $|\delta h_i|$ 가 δh_{th} 보다 클 경우에는 이 두 점의 중앙에 위치하는 점과 주변의 6점이 새로운 표본점으로 추출된다. 그러나 반대로 $|\delta h_i|$ 가 δh_{th} 보다 적을 경우에는 두 점을 연결하는 그 범위 안에서 새로운 표본점을 추출할 필요가 없게 되며 차회의 추출순서로 넘어간다. 이렇게 해서 추출된 표본점들은 그들의 위치에 따라 순차적으로 행렬에 들어가게 됨과 동시에 X, Y, Z 행렬이 형성된다. 일반적으로 밀도증가식 표본추출법은 기본표본점 9점으로 시작되는 영차추출을 시작으로 1차, 2차, 3차, 4차까지 총 5회의 표본추출로서 종결된다.

(3) 지성선 표본점 추출

지성선 표본점들의 위치는 그들의 X, Y 좌표에 의하여 분류되어 PATCH 행렬의 대표인자로

서 표시된다. PATCH 행렬의 하나의 핵(cell)안에 몇개의 지성선 표본이 포함되었을 경우에는 그 중 하나를 대표값으로 정한다. 행렬의 대표인자의 번호는 지성선 표본으로부터 가장 가까운 PATCH 행렬인자를 지성선 표본행렬의 인자로 정한다.

그림 1은 행번호 $i, i+1$, 열번호 $j, j+1$ 로 구성되는 PATCH 행렬의 핵과 그 핵안에 있는 지성선 표본점 P를 나타낸 그림이다. P점으로부터 각각 A, B, C, D에 이르는 거리를 계산하여 가장 가까운 점의 행렬인자를 지성선 표본점 P의 행렬인자로 결정한다. (즉, 행번호 i , 열번호 $j+1$) 만일 밀도증가식 표본추출 과정에서 지성선 P의 인자가 발견되었을 경우에는 주위의 8개 점이 추가로 추출된다.

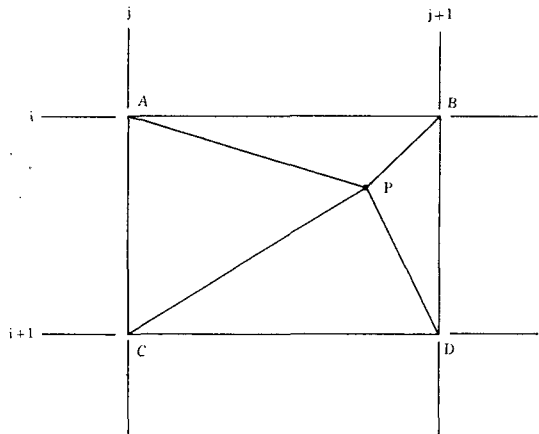


그림 1. PATCH 행렬 핵과 지성선 표본점

3. 수치해석시험

수치해석시험에서는, 첫째 DTM 표본추출법으로서 새롭게 부가된 밀도증가식 표본추출법의 효율성과 정확도를 비교 검토하고자 하였으며 둘째 그 핵심이 되는 시산값과 추출조건에 대한 연구와 이들이 표본점의 밀도상태와 토공량에 미치는 영향 등을 비교 분석함으로써 가장 적절한 시산값 및 추출조건을 검토하고 특히 지성선 자료를 첨가함으로써 정확도 향상을 기하

교자 하였다.

(1) 입력자료의 준비

입력자료로서는 표본추출에 크게 영향을 주는 기본 요소들 즉, 지형의 종류, 시산값, PATCH의 크기, 표본추출횟수 등이 고려되었다.

1) 지형모형자료의 취득

지형의 선택은 항공사진 자료획득의 어려움으로 인하여 단순평탄지와 보통복잡지가 적절히 혼합된 하나의 복합지형을 선택하여 총 10,000개의 기본 표본점과 644점의 지성선 표본점을 선정하였다. 사용된 항공사진은 축척 1:20,000의 전주 근교의 항공사진으로서 평균 비행고도는 3,000m이며 화면거리 153.35mm인 wild RC-10 광각카메라를 사용하여 세스나 402 항공기에서 촬영된 것이다. 수치 지형모형의 표본점은 wild A-8 정밀도화기에 의하여 그들의 X, Y, Z 좌표가 측정되었으며 측정된 좌표들은 도화기에 연결된 16 bit PC에 자동입력 되었다. 도화기에 의해 측정된 표본점들의 좌표는 대지표정 프로그램 등 몇개의 프로그램에 의해 지상좌표로 환산되어 주프로그램 PROSAM에 직접 입력할 수 있도록 편집되었다.

2) PATCH의 크기 및 배열

PATCH의 크기는 격자점간거리 20m인 640m, 격자점간거리 60m인 1,920m의 두 종류로 구분하였으며 PATCH은 배열은 <그림 2>와 같이 작은 PATCH가 큰 PATCH에 중복되도

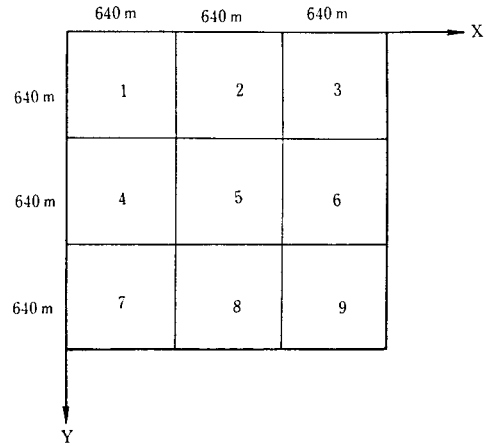
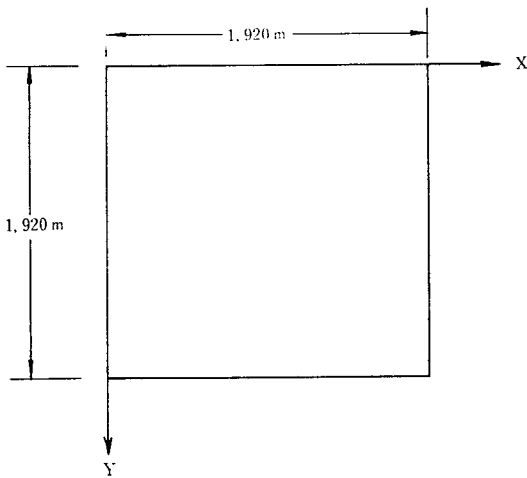


그림 2. PATCH의크기와 배열

록 배열하여 결과값에 대한 상호비교 분석이 가능하도록 하였다.

3) 시산값

시산값의 추정은 다음과 같이 4 가지 방법에 의하여 계산하였다.

우연오차식	포물선식	선형식	등고선식
2.4 m	4.8 m	6.4 m	3.3 m

계산에 사용된 기초자료는 다음과 같다.

- 표고의 표준오차 : $\sigma_0 = 0.2\%Z$
- 비행고도 : $Z = 3,000\text{ m}$
- C계수 : $C = 1,800$

수치시험에 사용된 계산값은 위 결과로부터 얻어진 값을 근거로 하여 각각 3m, 4m, 5m를 시산값으로 결정 사용하였다.

(2) 수치시험

수치시험은 표 2와 같이 크게 두가지로 구분하여 총 240 종류의 독립된 시험으로 행하여졌다. 이와 같은 240 가지의 독립된 시험의 목적은 첫째, PATCH의 크기와 추출조건이 표본추출에 미치는 영향과 둘째, 시산값이 지형모형에 미치는 영향 셋째, 이들이 각각 토공량 산정에 어떠한 영향을 주는가를 알고자함에 있다.

수치시험에서 취급된 총 자료는 약 1,000,000 개 이상이 처리되었다. 일차적으로 계산처리된

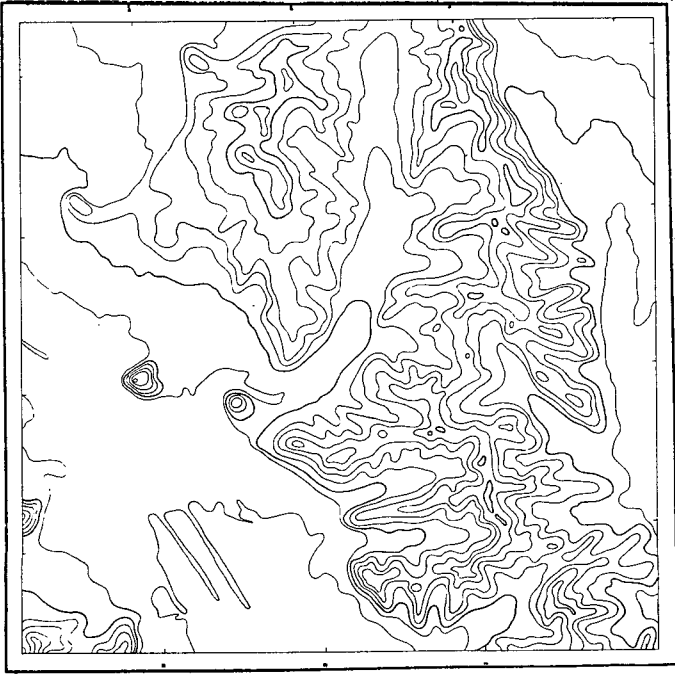
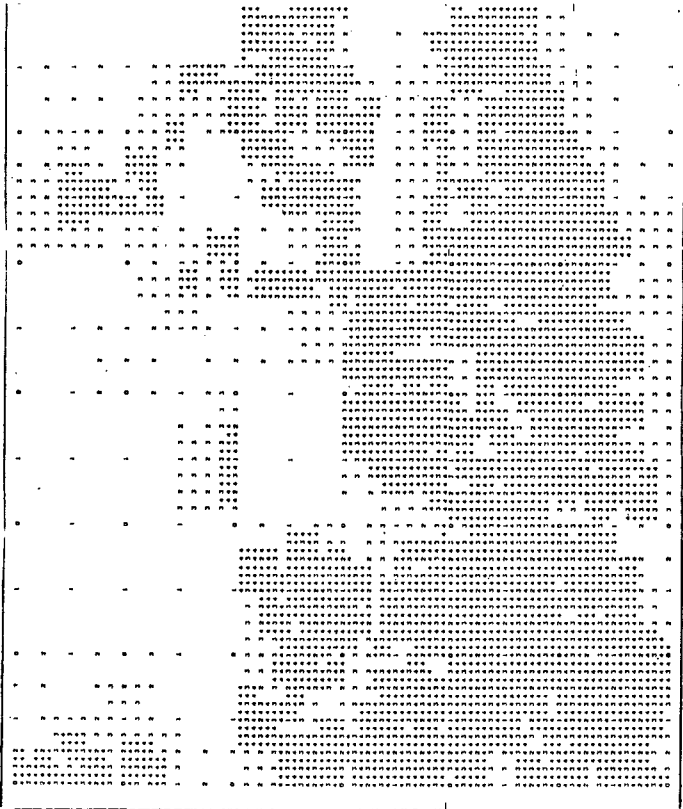


그림 3. 기본인력지형과 추출된 표본점의 도식적인 예

표 2. 수치해석 시험구분표

	번호	PATCH 크기	시산값	추출조건
시험 1. 표본추출	1 a	1,920 m	3 m	표준형
	1 b	640 m	4 m	도약형
			5 m	유보형 혼합형
시험 2. 지성선 추출	2 a	1,920 m	3 m	표준형
	2 b	640 m	4 m	도약형
			5 m	유보형 혼합형

기본 입력자료부터 최종적인 시험 및 결과분석에 소요된 실 전산시간은 약 8시간정도(IBM PC-AT)가 소요되었으나 전산프로그램 개발시간과 중간 분석 시험 및 실패로 인한 중복된 시간까지 합하면 수백시간(MST) 이상의 전산시간이 소요되었다.

그림 3은 추출된 표본점의 도식적 예의 하나이며 <그림 4~12>는 결과를 그래프로 표시한 것이다. <그림 3>으로부터 추출된 표본점의 배열과 밀도가 실제 지형의 변이성에 잘 부합됨을 알 수 있다.

(3) 결과분석

수치지형모형을 평가하는데 있어서 가장 적합한 방법은 효율성과 정확성을 검토하는 방법이다. 따라서 본문에서는 두 방법에 의하여 평가하고자 한다.

1) 효율성 분석

효율성은 추출된 표본점의 수와 상관관계가 있다. 자동 또는 반자동화된 관측장비는 3차원 동작이 컴퓨터에 의하여 자동으로 제어될 수 있으며 연속적인 관측동작이 중단됨이 없이 자료의 입출력, 기록, 분석처리가 가능하다. 이러한 동작은 수동동작을 최소로 줄이고 동시에 최고도의 표본추출이 가능토록 한다(높은 효율성). 따라서 효율성은 단위면적당 추출된 표본점의 수(백분율)에 의해 정량적으로 표현될 수 있다.

그림 4, 5는 추출된 표본점의 추출율과 표본추출에 영향을 주는 기준값과의 관계를 나타낸다(그림에서 실선은 표본추출, 점선은 지성선 추출을 표시하며 번호 1, 2, 3, 4는 각각 추출조건

을 나타낸다).

이들 그림으로부터 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

첫째, 추출된 표본점의 수는 시산값이 높아질 때 감소하였다. 이러한 사실은 4개의 추출조건을 적용했을 경우에도 모두 같은 결과를 얻었으며 특히 지성선을 적용했을 경우나 적용하지 않았을 경우나 모두 같은 결과를 얻었다.

둘째, 추출조건이 적용됨에 따라 추출노력이 감소되었다. 다시 말해서 추출조건을 적용했을 경우에는 그렇지 않은 경우보다 효율이 향상됨을 알 수 있으며 향상도는 혼합형, 유보형, 도약형, 표준형의 순서로 되어졌다.

셋째, 추출노력은 시산값이 증가함에 따라 줄어들었으며 감소율은 거의 선형에 가까웠다. 특히

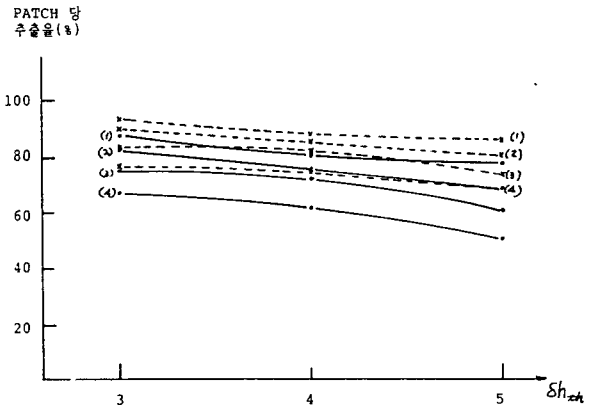


그림 4. 표본추출율과 시산값(PATCH 1920 m)

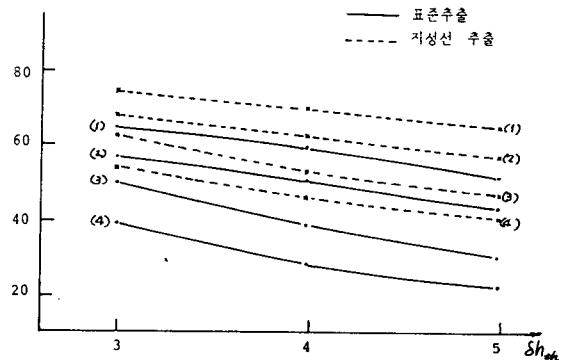


그림 5. 표본추출율과 시산값(PATCH 640 m)

지성선을 고려했을 경우에는 그렇지 않은 경우보다 추출노력이 크게 증가되었다. 이는 논리적으로 이미 예측되었던 사실이었다.

2) 정확도 분석

추출된 표본점을 사용하여 보간법에 의해 재현된 수치 지형모형의 정확도는 다음 2가지 오차원인에 의해 영향을 받는다. 4), 12), 15), 16)

첫째, 표본점의 밀도

둘째, 불완전한 측정에 의한 오차

이들의 관계를 수식으로 표현하면

$$\sigma_T^2 = \sigma_0^2 + \sigma_S^2$$

단, σ_T : 표준오차

σ_0 : 측정값의 표준오차

σ_S : 불완전한 표본추출에 의한 오차

그러나 위에 표시된 측정오차 σ_0 는 여러가지 요소에 의하여 복합적으로 상관되어 있는 관계로 이론적으로 결정하기에는 불가능하며 다만 반복 관측에 의해 경험적으로 결정된다. 따라서 객관성이 결여되어 있다. 한편 σ_0 와 σ_S 는 상호 독립의 관계에 있으며 일반적으로 σ_0 는 σ_S 보다 그 값이 적다. 따라서 본문에서는 σ_S 즉 표본추출에서 오는 오차만을 고려하여 정확성을 논하고자 한다.

표준오차는 보간법에 의하여 얻어진 높이와 실제지형모형(참값)에서 얻어진 높이와의 차로 구하여진다. 이러한 표현방법은 DTM 성과를 논하는데 보편적으로 사용되어지고 있으나 보간법에 의한 높이 계산 자체가 X, Y 방향 교호적으로 계산되어졌고 또한 추출차수에 따라 일차적으로 보간된 높이를 사용하여 2중, 3중의 보간법에 의하여 구하여졌기 때문에 이들 높이의 차들 사이에는 깊은 상관관계가 있으며 비록 이들의 분포상태가 정규분포를 형성하고 있다고 하여도 그들의 통계적 성질(상관함수)을 알기는 쉽지 않다.

그림 6, 7, 8, 표 3은 표준오차와 시산값의 관계를 나타낸 것이다. 이들로로부터 다음과 같은 사항을 알 수 있다.

첫째, 일반적으로 표준오차는 시산값이 커짐에 따라 증가하며, 이러한 현상은 4개의 추출조건에서도 같은 현상을 나타냈다.

둘째, 지성선을 고려한 추출에서는 고려하지 않았을 경우보다 약 15%의 정확도 향상이 있으며 이런 현상은 4개의 추출조건에서도 같은 현상이었다.

셋째, 평탄지에서는 보통 지형에서보다 정확도가 약 5%정도 낮아졌다. 이것은 평탄지에서 추출표본수가 적어 상대적으로 표준오차가 높아지며 한편 최대오차가 커졌기 때문인 듯하다.

표 3. 표준오차와 시산값

지형	추출형태 추출 시산 조건 값	표본추출법			지성선추출법		
		3 m	4 m	5 m	3 m	4 m	5 m
평탄	표준형	7.78	8.44	9.23	6.65	7.23	7.89
	도약형	8.71	9.04	9.79	7.41	7.91	8.41
지형	유보형	9.62	10.29	10.85	8.35	8.99	9.32
	혼합형	10.14	10.61	11.03	8.77	9.20	9.42
보통	표준형	2.27	2.58	3.20	1.80	2.07	2.68
	도약형	3.08	3.57	3.93	2.45	2.91	3.29
지형	유보형	3.31	4.12	4.52	2.72	3.45	3.82
	혼합형	4.20	4.83	5.09	3.48	4.05	4.31

표준오차 (m)

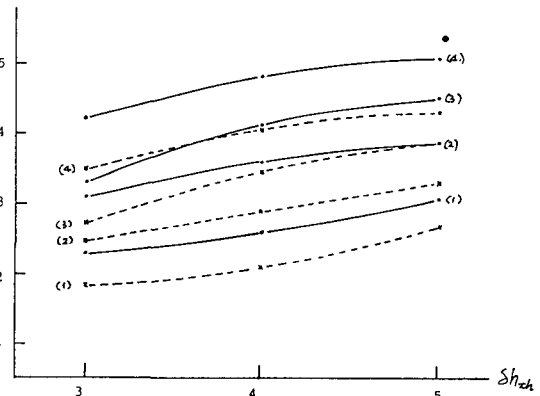


그림 6. 표준오차와 시산값(평균값)

표 4, 5는 최대오차와 시산값에 대한 표이며, 그림 9는 최대 오차가 발생한 단면의 한 예이다. 이들로로부터 다음을 알 수 있다.

최대오차는 시산값의 변화에 관계없이 거의 일정한 값을 나타냈다. 이것은 모든 추출조건에서도 같은 현상을 보였다. 지성선을 고려했을

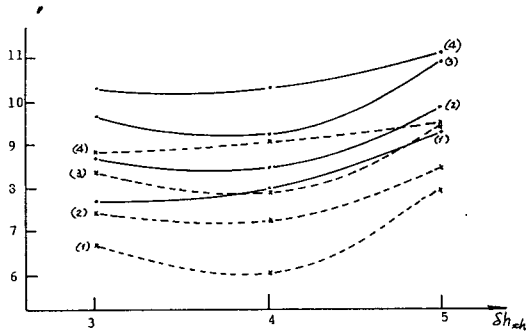


그림 7. 표준오차와 시산값(평탄지)

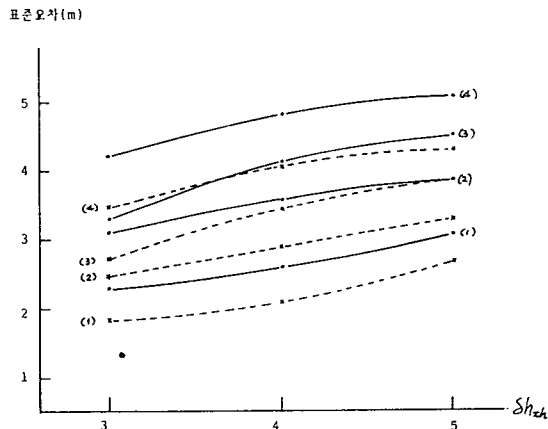


그림 8. 표준오차와 시산값(보통지형)

경우에는 고려하지 않았을 경우보다는 보통지에 서 더 좋은 결과가 있었다.

표 4. 최대오차(표본추출)

구분 지형	시산값	추 출		조 건	
		표준형	도약형	유보형	혼합형
평탄지	3 m	45.55	45.55	44.95	44.95
	4 m	45.55	45.55	44.95	44.95
	5 m	45.55	45.90	44.95	44.95
보통지	3 m	32.25	35.25	32.25	32.25
	4 m	32.25	32.25	32.25	32.25
	5 m	32.25	48.90	32.25	32.25

그림 9에서 본 것과 같이 이들 최대 오차는 지형이 급격히 변하는 단선지형이나 높은 산정에서 기인한 것이다. 이러한 현상은 본 연구를 위하여 준비된 입력지형자료 중 특히 지성선 자료가 불충분하였음이 증명된다. 즉, 지성선자료 추출시 협곡의 단선은 모두 추출하였으나 높은 산정의 자료는 추출치 못했기 때문에 이로인하여 최대오차가 크게 발생하였다.

표 5. 최대오차(지성선추출)

구분 지형	시산값	추 출		조 건	
		표준형	도약형	유보형	혼합형
평탄지	3 m	44.59	44.59	44.49	44.49
	4 m	44.82	44.82	44.59	44.59
	5 m	44.82	44.82	44.22	44.22
보통지	3 m	29.45	29.45	29.45	29.45
	4 m	29.45	29.45	29.45	29.45
	5 m	29.45	29.78	29.45	29.78

그림 9~11은 각각 토공량 오차와 시산값과의 관계를 표시한 것이다.

토공량 오차는 일반적으로 시산값이 증가함에 따라 그 오차도 커짐을 알 수 있다. 특히 4개의 추출조건을 적용했을 경우에는 변화하는 상태가 2개의 부류로 구분되었다. 첫째부류는 표준형과 도약형, 두번째부류는 유보형과 혼합형이며, 첫째부류의 추출조건이 두번째 부류보다

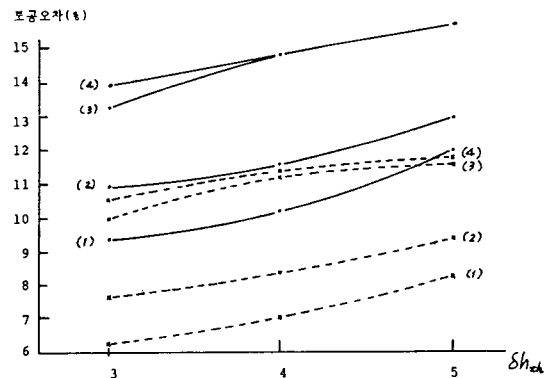


그림 10. 토공오차와 시산값(평균값)

최대오차(m)

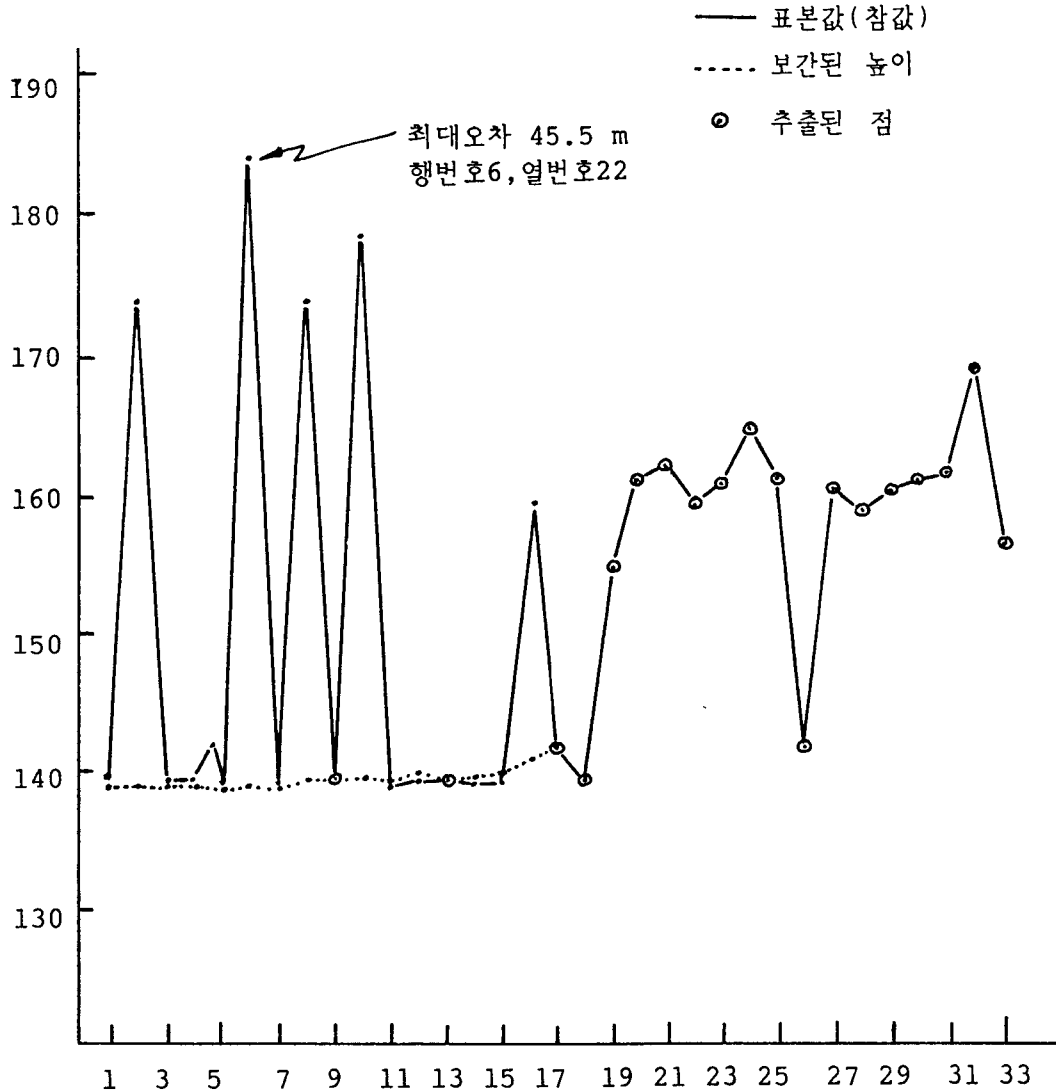


그림 9. 최대오차가 발생한 단면 예
 PATCH NO. 4, 시산값 3m, 최대오차 45.5m

약 25% 더 정확함을 알 수 있다. 이러한 현상은 지성선자료를 고려했을 경우이나 고려치 않았을 경우이나 똑같은 현상을 나타낸다.

특히 지성선을 고려했을 경우에는 고려치 않았을 경우보다 정확도가 약 32% 향상됨을 알 수 있다. 한편 평탄지형에서의 토공량 오차가 매우 크게 나타났으나 이는 앞절에서 설명된 바와 같이 최대오차의 크기때문인 것이다. 어떠한 경우에도 지성선을 고려하여 추출했을 경우에는

토공량 오차가 크게 줄어들었음을 알 수 있다.

6. 결 론

수치지형모형을 획득하는데 있어서 지성선 자료를 고려한 밀도증가식 표본추출방법과, 고려하지 않았을 경우를 비교 연구한 결과 각각 다음과 같은 특징이 있음을 알 수 있었다.

(1) 지성선 자료를 첨가한 표본추출법에서는

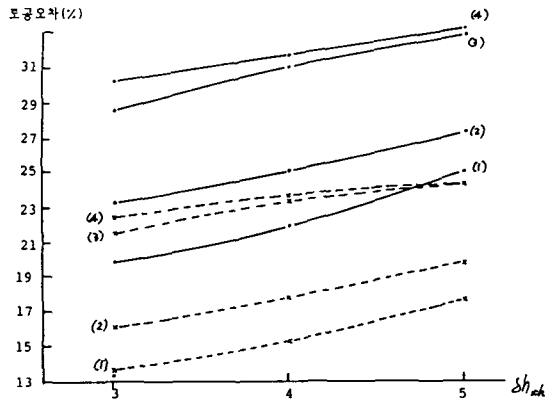


그림 11. 토공오차와 시산값(평탄지)

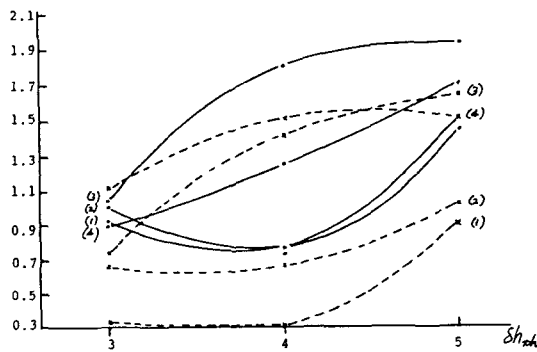


그림 12. 토공오차와 시산값(보통지)

그렇지 않았을 경우보다 표본추출능률이 저하된다.

(2) 일반적으로 시산값이 커짐에 따라 표준오차도 증가하였으나 지성선을 고려한 추출에서는 고려치 않았을 경우보다 정확도가 향상된다. (약 15%)

(3) 최대 오차는 일정한 크기에 도달하면 추출기준값들의 크기와는 관계없이 거의 일정한 값을 나타냈다. 이는 아직도 추가로 추출되지 못한 지성선(예, 산정) 자료에 기인한 것 같다. 따라서 지성선 자료획득에 신중을 기하여야 한다.

(4) 토공오차는 시산값의 증가에 따라 오차도 커졌으며 4개의 추출조건을 고려했을 경우에는 대체로 2개의 부류, 즉 표준형 및 도약형, 유보형 및 혼합형으로 구분되었으며 전자의 경우가 후자의 경우보다 약 25% 정도 정확하였다. 특히 지성선 자료를 고려했을 경우에는 그렇지 않은 경우보다 약 30% 정도 정확도가 향상됨을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구결과는 1987년도 한국과학재단 학술연구지원(871-1308-009-1)에 의한 것이며, 본 연구의 기회를 주신 한국과학 재단에 감사의 뜻을 표한다. 특히 항공사진자료를 제공해 주신 국립지리원 관계자와 입력자료 준비를 위하여 많은 인력과 장비를 제공해 주신 중앙 항공주식회사(대표 조 정현)에 감사의 뜻을 표합니다.