

수치표고모델의 임계점 추적에 관한 연구 A Study on the Edge Point Detection of Digital Elevation Model

최 병 길
Choi, Byoung-Gil

요 旨

본 연구는 수치지형모델로부터 지형을 대표할 수 있는 임계점을 추적하는데 목적을 두었다. 지형의 임계점은 주위 인접점으로부터 급격한 변화가 이루어지는 점으로 생각할 수 있다. 본 연구에서는 라플라스 연산자를 중심으로 이들의 최적 추적방법이 연구되어지며 조그만 리플을 제거하기 위한 노이즈 제거 시스템이 적용되어진다.

연구결과 라플라스 연산자는 지형의 임계점을 효과적으로 추출함을 알 수 있었으며 국소적인 분산값에 의한 노이즈 제거 시스템은 조그만 리플을 제거하는 데는 효과적이었으나, 지형의 형상을 재현시키는데는 비효과적임을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, topographic edge points are detected from digital elevation model. Topographic edge points can be considered as the points which have rapid variation from its neighborhood. In this study, these points are detected by Laplacian operator and noise reduction system is applied to remove small ripple.

The results of this study show that Laplacian operator detects efficiently the topographic edge points, and that noise reduction system by local variance is efficient to remove small ripple but inefficient to reconstruct topographical features.

1. 서 론

본 연구는 래스터형 수치지형모델로부터 지형을 대표할 수 있는 임계점(edge point)의 추적방법 및 이의 응용성을 연구 조사하는데 그 목적이 있다. 고도로 정보화된 오늘날 수치지형정보는 수문학, 교통공학, 항해학, 노선계획, 토공량산정, 지형도 작성 등의 응용분야에 널리 이용되고 있으며 이러한 분야에 있어서의 좀더 광범위하면서도 정확하고 세밀한 지형정보의 요구가 필연적이다. 그러나 지형정보시스템은 다른 컴퓨터시스템과는 달리 지구자원 및 자연을 대상으로 하기 때문에 그 구축이 쉽지 않다. 즉 일반적으로 인공적인 대상을 다루는 CAD 등과는 달리 자연적이고 무작위적인 상대를 대상으로한 정보시스템이기 때문에 데이터베이스의 구축이나 분석이 어렵고 많은 기억용량을 필요로 한다.

앞으로 지형정보시스템을 위한 원시데이터의 형태는

스캐닝 또는 리모트 센싱에 의한 데이터와 같은 래스터 형이 주가 될 것으로 생각한다. 왜냐하면 데이터의 획득에 있어서 래스터형이 벡터형보다 자동화가 용이하기 때문이다. 그러나 래스터 방식은 데이터 획득에 있어 자동화가 용이한 반면 그 저장에 많은 기억용량을 요구하며 지형지물등의 형상을 표시하는데 있어서 벡터적인 방법보다 정교하지 못한 면이 있고 일반적으로 실제 필요한 양보다 더 많은 데이터를 포함하게 된다. 물론 이러한 현상은 디지털이저에 의하여 수치화된 벡터형의 경우에도 마찬가지이나 래스터형의 경우 그 정도가 매우 심하기 때문에 불필요한 잉여 관측데이터의 소거 및 지형형상의 추출과 같은 처리가 필요하다. 즉 효율적인 지형정보시스템의 구축을 위하여는 래스터형 DEM 으로부터 지형의 형상을 특징지을수 있는 특이점을 추적하고 나아가 이들 점들에 의한 다양한 지형정보의 추출 및 이용에 대한 연구가 필요하하다 하겠다.

지형 지물의 형상에 대한 정보는 지성선, 산 정상 등과 같은 경계선 또는 절선 등에 가장 많이 포함되어 있

다고 생각할 수 있다. 즉 이들 선상에 놓여 있는 점들은 임계점으로서 전체적인 지형을 대표하는 점이라 할 수 있는데 본 연구에서는 이러한 점들에 대한 최적의 추적 방법을 연구하고자 한다.

2. 지형 임계점의 추적방법

2.1 임계점의 추적 방법

지형 임계점의 추적방법은 그 응용 목적에 따라 다양한 알고리즘을 가진다. 본 연구에서는 우선 임계점 추적의 목적을 데이터 압축에 두고 있다. 수치지형모델의 데이터는 그 용량이 매우 크다. 이는 데이터의 저장, 컴퓨터 액세스의 시간증대와 같은 문제를 내포하게 된다. 특히 래스터형 수치지형모델의 경우 데이터 추출간격의 획일성으로 인하여 불필요한 지형데이터를 포함하게 된다. 따라서, 불필요한 지형데이터의 소거에 의한 데이터의 압축이 필요하며 이러한 작업은 GIS용 수치지형모델 구축의 중요한 부분이라 할 수 있다.

래스터형 수치표고모델의 압축은 지표면을 가장 잘 나타낼 수 있는 격자점들을 추출함으로써 이루어진다. 이때 추출의 기준은 이웃점들과의 공간적 관계가 된다. 이웃점으로부터의 표고의 변화가 심한 점들을 추출함으로써 즉, 표고의 변화가 적은 점들을 소거함으로써 데이터 압축이 이루어진다. 데이터 압축은 소거된 점들에 대한 보간작업을 수반하며 보간된 점의 표고가 얼마나 원지형의 표고(관측된 표고)값과 근사한가에 따라 데이터 압축방법의 우수성이 결정된다고 할 수 있다.

래스터형 수치지형모델의 압축방법에는 필터방법(Filter method), 계층적 방법(Hierarchy method), 발견적 방법(Heuristic method) 등이 있으며 이들은 각각 장단점을 가지고 있다. 필터방식은 Chen and Guevara에 의하여 발표된 방식으로 임의의 격자점이 이웃 격자점과 얼마나 근사한가에 따라 그 중요성이 결정된다. 이때 필터가 이웃 격자점과의 관계를 결정하는데 사용된다. Hierarchy 방법은 De Floriani 등에 의하여 도입된 방법으로 정규격자형 수치지형모델의 4개의 코너점을 가지고 두개의 삼각형을 구성한 다음 삼각형내의 모든 격자점들이 삼각형으로부터 보간된다. 이때 보간된 높이와 측정된 높이와의 차이가 가장 큰 점이 추적된다. 이 점에 의하여 새로 구성된 아들 삼각형에 의하여 이러한 작업은 원하는 만큼의 데이터를 얻을 때까지 계속

반복된다. 발견적 방법은 격자점의 추출을 하나의 최적화 문제로 취급한다. 이 방법은 전체 래스터형 수치지형모델을 가지고 출발, 한점씩 소거해 나간다. 이 방법에서는 이웃 격자점에 의하여 이웃점을 결정하는 대신에 이웃 삼각점에 의하여 이웃점이 결정된다. 본 연구에서는 이중 필터방식을 중심으로 임계점을 추출한다.

2.2 필터 방법

공간상의 물리적 현상은 주파수역 및 공간역으로 나타낼 수 있다. 만약 주기가 긴 성분만을 공간역으로 재변환시킨다면 긴 주기를 가진 공간의 형상들만 나타나고 세세한 지형의 형태는 제거되는데 이를 로우-패스 필터링이라고 한다. 로우-패스 필터는 지형의 전체적인 경향을 구하거나 노이즈를 제거하는데 이용될 수 있다. 이와는 반대로 주기가 긴 성분들을 제거시키고 주기가 짧은 성분들만을 공간역으로 재변환 시킨다면 지역적인 성분들을 추적할 수 있는데 이를 하이-패스 필터링이라고 한다. 하이-패스 필터는 지형의 변화점 즉, 특이점이나 임계점 등을 구하는데 이용될 수 있다.

어떤 점이 주위 인접점으로부터 그 값을 예측할 수 없다면 이러한 점을 지형의 임계점이라고 할 수 있다. 만약 어떤 점들의 주위 인접점의 평균값과 같다면 이러한 점은 소거되어도 무방하다. 즉 어떤 점의 중요성은 주위 인접점으로부터의 변화도를 추정함으로써 평가될 수 있으며 공간 미분(spatial differential) 또는 라플라스 연산자와 같은 하이-패스 필터에 의하여 수행되어 질 수 있다. 일반적으로 공간 미분에 의한 임계점의 추적은 계단 함수와 같이 지형이 급격히 변화하는

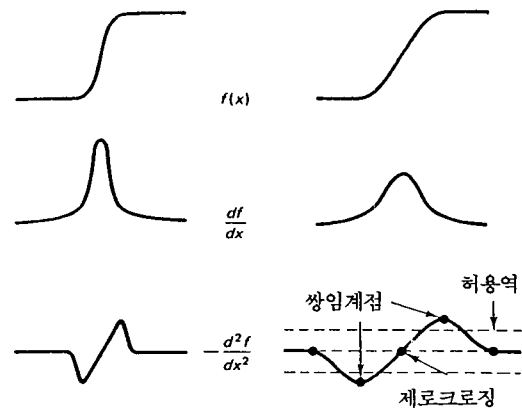


그림 1. 공간미분과 라플라시언에 의한 임계점의 추적

경우에 유리하며 라플라스 연산자에 의한 추적은 변화 구역이 넓은 경우 유리하다. 그림 1은 공간 미분과 라플라스 연산자에 의한 임계점의 추적상태를 잘 나타내 주고 있다. 그림에서 공간 미분과 지형의 라플라시언이 어느 허용역 이상인 점을 추적하면 지형의 임계점을 찾을 수 있음을 알 수 있으며 지형에 따라 적절한 필터를 사용할 필요성이 있음을 알 수 있다. 본 연구에서는 라플라스 연산자를 중심으로 임계점이 추적되어진다.

2.3 라플라스 연산자에 의한 추적방법

라플라스 연산자

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (1)$$

는 지형의 임계점 또는 영상강도의 변환점을 추적하는데 이용될 수 있다. 즉 라플라시언이 어떤 허용역 이상이 되는 점을 추출함으로써 지형의 임계점을 추적할 수 있다. 2차원 함수 $f(x,y)$ 의 라플라시언 $\nabla^2 f(x,y)$ 는 다음과 같다.

$$\nabla^2 f(x,y) = \nabla(\nabla f(x,y)) = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} \quad (2)$$

2차원 순차함수 $f(n_1, n_2)$ 에 대하여 식 (2)는 2차 차분식의 형태로 나타내어질 수 있다. 만약 $f(x,y)/\partial x$ 의 값을 전진 차분식(forward difference)

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \leftrightarrow f_x(n_1, n_2) = f(n_1+1, n_2) - f(n_1, n_2) \quad (3)$$

에 의하여 얻었다고 하면 $\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2}$ 는 후진 차분식(backward difference)에 의하여 얻을 수 있다.

즉

$$\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} \leftrightarrow f_{xx}(n_1, n_2) = f_x(n_1, n_2) - f_x(n_1 - 1, n_2) \quad (4)$$

가 되며 식 (3) 과 식 (4)로부터

$$\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} \leftrightarrow f_{xx}(n_1, n_2) = f(n_1 + 1, n_2) -$$

$$2f(n_1, n_2) + f(n_1 - 1, n_2) \quad (5)$$

을 얻을 수 있다.

$\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}$ 를 유사한 방법으로 구하면

$$\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} \leftrightarrow f_{yy}(n_1, n_2) = f(n_1, n_2 + 1) - 2f(n_1, n_2) + f(n_1, n_2 - 1) \quad (6)$$

가 된다. 식 (5) 및 식 (6)을 식 (2)에 대입하면 2차원 함수 $f(x,y)$ 의 라플라시언의 근사값은 다음과 같이 됨을 알 수 있다.

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(x,y) &\leftrightarrow \nabla^2 f(n_1, n_2) = f_{xx}(n_1, n_2) + f_{yy}(n_1, n_2) \\ &= f(n_1 + 1, n_2) + f(n_1 - 1, n_2) + f(n_1, n_2 + 1) \\ &\quad + f(n_1, n_2 - 1) - 4f(n_1, n_2) \end{aligned} \quad (7)$$

이는 $\nabla^2 f(x,y)$ 가 컨볼루션 $h(n_1, n_2) \times f(n_1, n_2)$ 의 형태로 표현될 수 있음을 보여준다. 이 때 컨볼루션 마스크 $h(n_1, n_2)$ 는 2차미분식이 어떻게 근사화 되느냐에 따라 달라진다.

2.4 리플의 제거

라플라시언은 쌍 임계점(double edge) 또는 조그만 리플(ripple)을 추적하는 특징을 가지고 있다. 따라서 임계점의 추적에 앞서 이에 대한 검토가 이루어져야 한다. 잘못 생성된 임계점은 국소적인 분산값(local variance) 충분이 커야 된다는 제약 조건을 가함으로써 제거 시킬 수 있다. 이때 분산값은 다음식에 의하여 추량되어질 수 있다.

$$\sigma_f^2(n_1, n_2) = \frac{1}{(2M+1)^2} \sum_{k_1=n_1-M}^{n_1+M} \sum_{k_2=n_2-M}^{n_2+M} [f(k_1, k_2) - m_f(k_1, k_2)]^2 \quad (8)$$

여기서

$$m_f(n_1, n_2) = \frac{1}{(2M+1)^2} \sum_{k_1=n_1-M}^{n_1+M} \sum_{k_2=n_2-M}^{n_2+M} f(k_1, k_2)$$

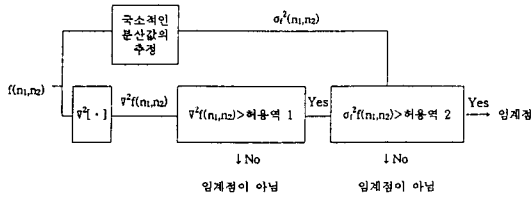


그림 2. 노이즈제거시스템을 적용한 임계점의 추적시스템

이며 M은 일반적으로 2 정도의 값이 채택된다.

이때 국소적인 분산값은 라플라시언이 어느 허용역 이상이 되는 점에 대해서만 계산하면 된다. 그림 2는 이러한 리플을 제거하는 노이즈제거시스템(noise reduction system)이 적용된 라플라시언에 의한 임계점의 추적시스템을 나타낸 것이다.

국소적인 분산값 $\sigma_f^2(n_1, n_2)$ 는 경사의 크기와 밀접한 관계를 가진다. 따라서 $\sigma_f^2(n_1, n_2)$ 를 허용역과 비교하는 것은 경사의 크기를 허용역과 비교하는 것과 유사하다.

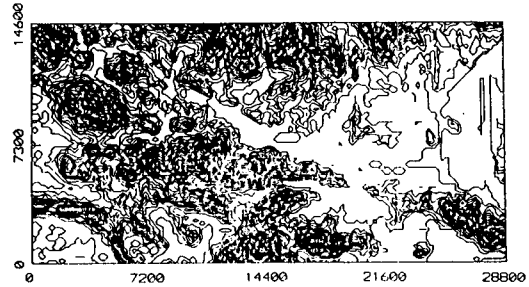
앞에서 설명한 알고리즘에 의하여 추출된 임계점들은 데이터 압축, 지형의 형상추출, 선의일반화, 이미지 매칭 등에 이용할 수 있다. 이때 각 분야에 적합한 사후 처리가 필요하며, 또한 역으로 각 응용분야에 따라 최적의 임계점 추출방법은 달라질 것이다. 본 연구에서는 데이터 압축 및 지형의 형상추출을 위한 최적의 임계점 추적방법 및 이의 유용성에 대한 연구가 이루어진다.

만약 임계점이 데이터 압축만을 위하여 추출되는 경우 세선화 작업은 반드시 필요한 것은 아니며 보간(interpolation)에 의하여 지형이 재현될때 원래의 지형형태가 얼마나 잘 보존되어 지나기에 따라 추적방법의 평가가 이루어질 것이다. 형상추출을 위한 임계점의 추적에서는 그 응용목적에 따라 다양한 알고리즘이 가능할 것이며 일반적으로 세선화 작업이 필요하다. 이때 추출되어지는 점들의 집합은 임계점의 추적 알고리즘뿐만 아니라 그 컨볼루션 마스크에 의하여도 달라지며 또한 세선화의 방법에 따라라도 다양한 변동선을 가진다.

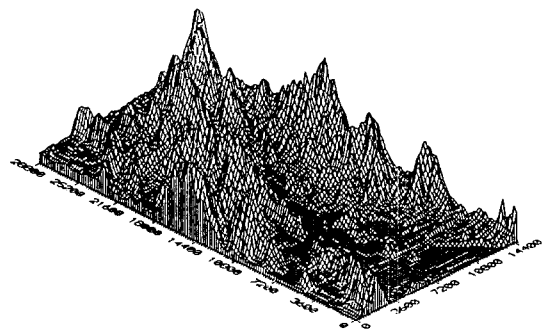
3. 수치시험 및 분석

3.1 수치시험

본 연구지역의 수치시험을 위하여 1/50,000 지형도로부터 200m 간격으로 래스터형 수치표고모델을 구축하였다



(a) 등고선도



(b) 3차원도

그림 3. 연구 대상 지역

(그림 3). 연구대상 지역은 수계가 확실하게 발달된 왕숙천 주변지역을 선택하였으며 지형의 큰 형상이 나타날 수 있도록 14.6 km × 28.8 km의 넓은 지역을 선택하였다.

그림 4는 본 연구를 위하여 작성된 컴퓨터 프로그램의 흐름도를 나타낸다.

라플라스 컨볼루션 마스크로는

$$h(n_1, n_2) = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

이 사용되었으며 이는 여러 방향에 의한 경우 오히려 그 효율성이 저하되기 때문이다. 또한 라플라시언에 의하여 추적된 임계점들의 정확도는 이들 추적된 점들에 의하여 TIN을 구성하고 이로부터 보간된 표고와 원표고와의 차이의 RMS에 의하여 구하여진다.

3.2 결과 및 분석

그림 5는 노이즈 제거 시스템을 적용하지 않고 라플라시언을 이용하여 추적된 임계점 및 이들에 의하여 재현된 지형을 나타낸 것이며 그림 6은 노이즈 제거 시스템을 적용하여 추적된 임계점 및 재현된 지형이다. 그림

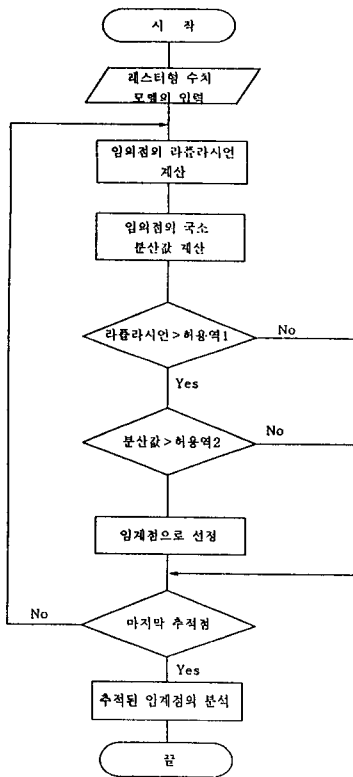


그림 4. 임계점 추적 프로그램의 흐름도

은 라플라시언에 의하여 지형의 임계점이 효과적으로 추적되어짐을 보여준다. 즉 평탄지역에서는 적은 양의 점이 복잡한 지역에서는 많은 양의 점이 추출되어지며 지형의 골격을 이루는 변곡점들이 주로 추출되어짐을 알 수 있다. 또한 노이즈 제거 시스템을 적용시킨 경우 평탄지에서 조그만 리플 즉 주변과의 변동이 비교적 작은 점은 추출되지 않음을 보여준다. 이는 본 연구에서 적용한 분산값에 의한 노이즈 제거 시스템이 효과적임을 나타낸다. 그러나 허용역이 큰 경우 능선상의 점등을 추출하지 않는 경향이 있으므로 이에 대한 주의가 요구된다.

표 1 및 그림 7은 임계점을 추적하는데 사용한 허용역과 추출된 임계점의 압축률의 관계를 나타낸 것이다. 여기서 압축률은 래스터형 수치표고모델의 총격자점에 대한 라플라스 마스크에 의하여 제거된 점의 백분율(%)이다. 표 및 그림에서 허용역1은 라플라시언에 대한 허용역을 나타내며 허용역2는 노이즈 제거 시스템에 적용된 허용역 즉 식 (8)의 σ 에 대한 허용역을 나타낸다. 허용역1은 2m씩, 허용역2는 8m씩 증가시키면서

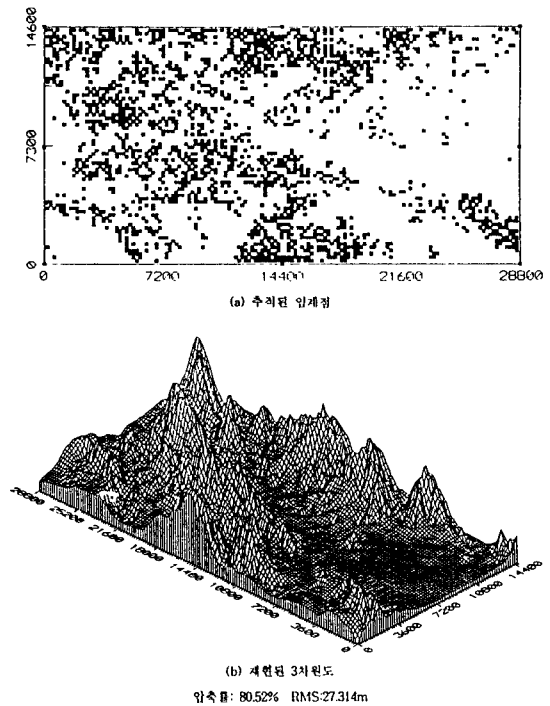


그림 5. 노이즈 제거 시스템을 적용하지 않고 추적된 임계점 및 재현된 지형

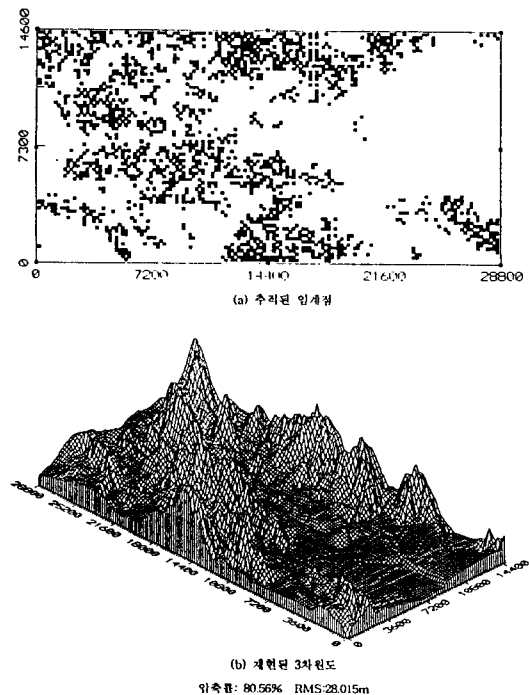


그림 6. 노이즈 제거 시스템을 적용하여 추적된 임계점 및 재현된 지형

임계점을 추적하였다.

표 2 및 그림 8 은 임계점을 추적하는데 사용된 허용역과 추출된 임계점의 정확도를 나타낸 것이다. 여기서 정확도는 추출된 임계점에 의하여 구축된 TIN의 RMS를 앞절에서 설명한 방법으로 구한 것이다. 임계점을 추적하는데 있어서 적절한 허용역의 크기는 지형의 형태 및 필요한 정확도 등에 따라 달라질 것이다. 따라서 여러 지형에 대한 수치적 시험에 의하여 적절한 허용역의 크기를 구하는 일이 필요하다 하겠다.

본 연구에서 수치시험된 래스터용 수치표고모델의 정확도는 이동평균법으로 구한 결과 13.128 m였다. 표 및 그림에서 허용역1이 16.0 m이며 허용역2가 0.0 m인 경우 즉 노이즈 제거 시스템을 적용하지 않은 경우 압축률이 80.52%, RMS가 27.314 m임을 알 수 있다. 1/50,000 지형도의 등고선 간격이 20 m 이며 그 허용오차가 등고선 간격의 1/2이고 본 연구에 사용된 격자점의 간격이 200 m임을 감안할때 라플라시언에 의한 임계점의 추적은 소속척의 수치표고모델을 구축하는데 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 즉 TIN 등의 데이터구조를 이용할 경우 라플라시언에 의하여 추적된 적은 양의 표고 데이터만으로도 지형정보시스템의 화면출력용과 같은 비교적 큰 정확도를 요구하지 않는 수치표고모델을 구축할 수 있음을 보여준다.

표 3 및 그림 9 는 압축률과 추적된 임계점의 정확도 (RMS) 관계를 나타낸 것이다. 표 및 그림에서 노이즈 제거 시스템 적용시의 정확도는 허용역1이 2.0 m일때의 값을 나타낸다.

표 및 그림에서 똑같은 데이터 압축률의 경우 노이즈 제거 시스템을 적용시킨 경우가 적용시키지 않은 경우보다 RMS가 크게 나타남을 알 수 있다. 즉 임계점의 수가 똑같은 경우 노이즈 제거 시스템을 적용시킨 경우가 정확도가 더 나쁘게 됨을 알 수 있다. 이런 현상은 노이즈 제거 시스템을 적용하지 않은 경우가 이를 적용시키는 경우보다 임계점이 전 지역에서 좀더 고르게 추적되어 짐을 나타낸다. 따라서 임계점의 추적이 단지 데이터 압축에 목적이 있을 경우 노이즈 제거 시스템을 적용하지 않은 것이 더 효과적임을 알 수 있다. 그러나 지형의 형상등을 추적하는데는 평탄지등에서의 세세한 변동을 제거시켜 주는 노이즈 제거 시스템을 적용시키

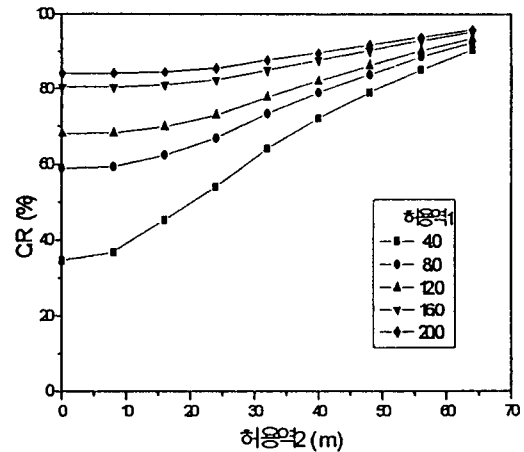


그림 7. 추적된 임계점의 압축률

표 1. 추적된 임계점의 압축률 (%)

허용역2 허용역1	0.0	8.0	16.0	24.0	32.0	40.0	48.0	56.0	64.0
2.0	18.96	24.27	36.37	47.88	59.74	68.80	76.67	83.69	89.49
4.0	34.81	26.95	45.34	54.18	64.24	72.21	79.12	85.40	90.55
6.0	49.29	50.07	54.72	61.09	69.07	75.84	81.86	87.21	91.67
8.0	59.04	59.37	62.44	67.01	73.51	79.02	84.09	88.72	92.60
10.0	59.16	59.48	62.52	67.05	73.53	79.03	84.10	88.72	92.60
12.0	68.10	68.23	69.88	72.98	77.78	82.19	86.41	90.27	93.60
14.0	74.37	74.47	75.55	77.76	81.51	84.93	88.31	91.53	94.39
16.0	80.52	80.56	81.08	82.53	85.21	87.84	90.34	92.98	95.38
18.0	84.33	84.36	84.70	85.71	87.72	89.70	91.82	93.96	96.03
20.0	84.34	84.37	84.71	85.72	87.83	89.71	91.83	93.97	96.03

허용역1 : 라플라시언에 대한 허용역(m)

허용역2 : 노이즈제거시스템(σ)에 대한 허용역(m)

표 2. 추적된 임계점의 정확도(RMS : m)

허용역2 허용역1	0.0	8.0	16.0	24.0	32.0	40.0	48.0	56.0	64.0
2.0	0.363	1.153	4.218	9.912	17.061	33.493	48.070	58.321	64.214
4.0	2.005	2.142	5.038	10.663	17.361	34.291	48.367	59.712	68.190
6.0	4.807	4.830	6.732	11.902	18.619	35.224	52.389	60.598	73.278
8.0	8.093	8.079	9.218	14.443	20.632	37.671	55.434	62.211	77.959
10.0	8.473	8.493	9.634	14.862	20.593	37.676	55.365	62.211	77.959
12.0	12.811	12.882	16.384	18.749	22.860	42.204	58.272	63.740	81.442
14.0	17.808	18.402	21.025	22.591	25.868	47.071	62.887	68.412	86.565
16.0	27.314	28.015	29.281	27.162	31.668	49.473	66.713	78.365	97.130
18.0	35.576	35.810	37.164	36.648	38.811	53.679	71.801	83.002	99.753
20.0	35.580	35.846	37.209	38.662	38.720	53.718	71.801	83.047	99.753

허용역1 : 라플라시언에 대한 허용역(m)

허용역2 : 노이즈제거시스템(σ)에 대한 허용역(m)

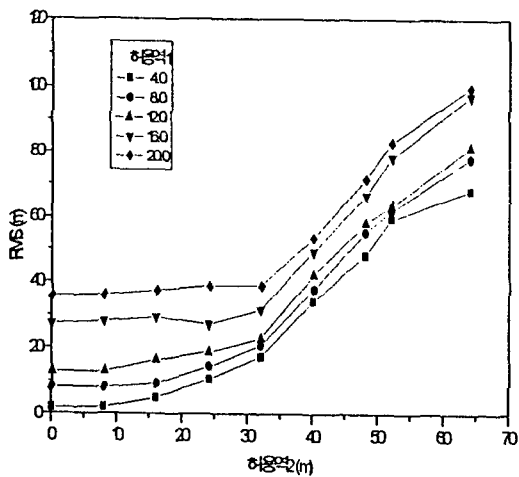


그림 8. 추적된 임계점의 정확도

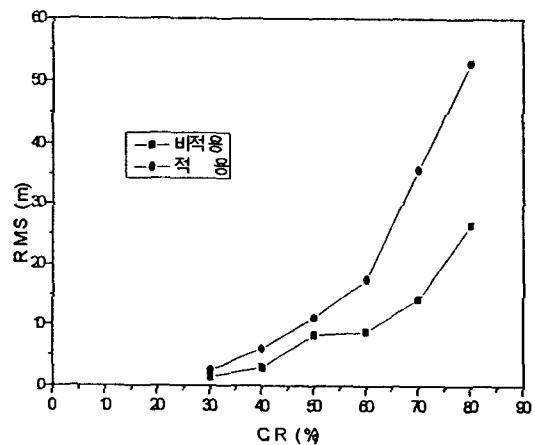


그림 9. 추적된 임계점의 압축률과 정확도

표 3. 압축률에 따른 추적된 임계점의 정확도 (RMS:m)

압축률(%)	30	40	50	60	70	80
노이즈 제거시스템						
비적용	1.507	3.009	8.332	8.886	14.325	26.510
적용	2.604	6.014	11.190	17.533	35.716	52.933

는 것이 효과적임을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구 결과 다음과 같은 사실을 알 수 있었다.

라플라시언에 의한 임계점의 추적은 어느정도 지형의 형상을 갖추면서 임계점을 효과적으로 추적하며 이러한 점들은 적은 수의 표고 데이터로 지형정보시스템과 같은 비교적 큰 정확도를 요구하지 않는 수치표고모델을 구축하는데 이용될 수 있음을 알 수 있었다. 또한 국소적인 분산값을 이용한 노이즈 제거 시스템의 적용은 평탄지등에서의 조그만 변동을 상당히 제거시키면서 임계점을 추적함을 알 수 있었다. 그러나 일정한 데이터 압축에서 노이즈 제거 시스템을 적용한 경우가 이를 적용하지 않은 경우보다 그 정확도가 떨어져 임계점의 추적이 단지 데이터의 압축에 그 목적이 있는 경우 노이즈 제거 시스템을 적용하지 않는 것이 더 효과적임

을 알 수 있었다.

그러나 정확한 지형의 형상등을 추적하기 위하여는 노이즈 제거 시스템의 적용에 대한 좀더 자세한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 1995년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비를 지원받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Baxes, G.A., " Digital Image Processing ", Prentice-Hall, N.J. 1984.
2. Chen, Z.T., and Guevara, J. A., " Systematic Selection of Very Important Points (VIP) from Digital Terrian Model for Constructing Triangular Irregular Networks ", Proceedings of Auto-Carto 8, 1987, pp.50-56
3. Davis, J.C., " Statistics and Data Analysis in Geology ", John Wiley & Sons. 1988.
4. Faust, N.L., " Automated Data Capture for Geographic Information Systems : A Commentary ", PE&RS, Vol. 53, No.10, 1987, pp.1389-1390
5. Greenlee, D.D., " Raster and Vector Processing for Scanned Linework ", PE&RS, Vol.53, No.10, 1987, pp. 1383-1387
6. Hassan, M.M. " Filtering Digital Profile Observations ", PE&RS, Vol.54, No.10, 1988. pp.1391-1394
7. Hord, R.M., " Digital Image Processing of Remotely Senced Data ", Academic Press, N.Y. 1982.
8. Jain, A.K., " Fundamentals of Digital Image Processing ", Prentice-Hall, N.Y. 1989.
9. Jayagobi, K., Nagarathinam, V., Maruthachalam, M., Palanivelu, R., " Filters and Information Extraction ", International Archives of Photogrammetry and Remote Sencing, Vol.10, 1988. pp.III-342~III-349
10. Jensen, J.R., " Introductory Digital Image Processing : A Remote Sencing Perspective ", Prentice-Hall, N.Y. 1986.
11. Jenson, S.K., and Domingue J.O., " Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographical Information System Analysis ", PE&RS, Vol. 54, No.11, 1988, pp.1593-1600
12. Kunnler, M.P., " A Quantitative Comparison of Regular and Irregular Digital Terrain Models ", Proceedings, GIS/LIS '90, Vol.1, 1990, pp.255-263
13. Lee, J., " Assessing The Existing Methods for TIN Extraction ", Technical Papers, ACSM-ASPRS Annual Convention, Vol.2, 1991, pp.194-203
14. Lim, J.S., " Two-Dimensional Signal and Image Processing ", Prentice-Hall, N.Y. 1990.
15. Marr, D., and Hildreth, E., " Theory of Edge Detection ", Proc. R. Soc. Lond. B., 1980, pp.187-217
16. Noble, J.A., " Morphological Feature Detection ", Second International Conference on Computer Vision, IEEE Computer Society, 1988, pp.112-116
17. Pan, J.J., " Spectral Analysis and Filtering Techniques in Digital Spatial Data Processing ", PE&RS, Vol.55, No.8, 1989, pp.1203-1207
18. Sezan, M.I., " A Peak Detection Algorithm and Its Application to Histogram-Based Image Data Reduction ", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol. 49, 1990, pp.36-51
19. 이 석찬, 조 규전, 이 창경, 최 병길, " 비정규삼각망 데이터 구조에 의한 수치지형모델의 구성 ", 한국측지학회지, 제 8권 2호, 1990, pp.1-8
20. 이 석찬, 최 병길, " 하이-패스 필터링에 의한 격자형 수치표고모델의 중심점 추출 ", 한국측지학회지, 제 10권 2호, 1991, pp.139-149
21. 이 석찬, 고 영호, 이 창경, 최 병길, " 비정규삼각망 데이터 구조에 의한 지형의 수치화 ", 대한 토목학회 논문집, 제 14권 2호, 1994, pp.325-334
22. 최 병길, " 라플라시언을 이용한 DEM의 임계점 추적에 관한 연구 ", 인천대학교 공업개발연구소 논문집, 제 9집 1권. 1994.