

# DTED와 1:50,000 수치지형도에 의한 격자 DEM의 지형 매개변수 비교

김연준<sup>1\*</sup> · 신계종<sup>2</sup>

## Comparison of Topographical Parameter for DTED and Grid DEM from 1:50,000 Digital Map

KIM, Yeon-Jun<sup>1\*</sup> · SHIN, Ke-Jong<sup>2</sup>

### 요 약

지형 정보는 표고 자료가 요구되는 응용에서 반드시 필요한 중요한 자료이다. 이러한 응용에는 배수 유역, 하천망의 추출, 가시권 분석, 지형학적 특징의 분석, 지형에 관련된 산사태 유형의 양적인 분석 및 산사태 발생지역에서 민감도 분석을 위한 지형 위치의 검증 등이 있다. 그러므로 DEM 으로부터 추출된 지형 매개변수 자료의 정확도를 연구해야 한다. 본 연구에서는 표고 격자 DEM을 이용하여 자료원과 격자크기가 지형 매개변수에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 지형매개변수 분석은 수치지형도로 구축된 것과 DTED DEM을 이용하여 배수유역, 유역경사, 하천망을 추출하여 비교하였다. 특히, 격자 DEM 으로부터 하천망을 추출하는 경우 DEM 격자크기에 관계없이 흐름누적 임계값에 따라 많은 영향을 받았다. 따라서 본 연구에서는 두 자료원에 동일한 흐름누적 임계값을 적용하여 하천망을 비교 분석하였다.

주요어: 지형정보, 표고자료, 격자크기, 하천망, 흐름누적 임계값, 수치지형표고자료

### ABSTRACT

Topographic information is indispensable in the applications that require elevational data. These applications are exemplified by watershed partition, extraction of drainage networks, watershed analysis, derivation of geomorphologic features, quantification of landslide-terrain, and identification of topographic settings susceptible to landsliding. Therefore, we study the accuracy of data on topographic parameters derived from digital elevation models(DEMs). This research wished to analyze the effect that data source and grid size get in topography parameter using gridded DEM. An analysis of topography parameter extract and compared drainage basin, watershed slope, stream network using DEM is constructed by digital map and DTED DEM. Especially, when extract stream network from gridded DEM, received much effects according to threshold value of flowaccumulation

2002년 7월 18일 접수 Received on July 18, 2002 / 2002년 8월 21일 심사완료 Accepted on August 21, 2002

<sup>1</sup> 대원과학대학 토목과 Department of Civil Engineering, Daewon Science College

<sup>2</sup> 충주대학교 건설도시공학과 Department of Construction & Urban Engineering, Chungju National University

\* 연락처 E-mail: yjkim@daewon.ac.kr

regardless of DEM grid size. Therefore, this study applied equal threshold value of flowaccumulation for two data sources, and compare and analyzed stream network.

**KEYWORDS:** *Topographic Information, Elevational Data, Grid Size, Stream Network, Threshold Value of Flowaccumulation, Digital Terrain Elevation Data(DTED)*

## 서 론

지형 자료는 일반적으로 지리정보시스템(GIS) 데이터베이스에서 벡터형태로 표현되는 TIN(triangulated irregular network)과 래스터 형태로 표현되는 DEM(digital elevation model)이 있다. TIN은 선택된 위치에서 수평 좌표와 표고로 저장된다. 지형 표현을 위한 이러한 접근방법은 쉽고 효과적이며, 표고의 표본이 추출된 위치상의 구속이 없이 이들 점은 복잡한 지형을 잘 표현한다. 그러나 TIN은 구조에 관련된 점의 수에 의해서 지형을 표현하는데 영향을 미친다. 또한 TIN은 세부적인 지형 특색을 표현하는 것이 불가능하다. 이러한 단점에도 불구하고 TIN은 가능한 한 정확하게 지형을 표현하는데 이용된다.

TIN과 달리 래스터 또는 격자 DEM은 지형을 표현하는데 있어 복잡성에 관계없이 동일한 간격으로 표고를 기록한다. 따라서 이와 같은 표현방법은 상대적으로 평탄한 지형에서 어느 정도의 불필요한 자료가 포함된다. 이러한 단점에도 불구하고 격자 DEM은 점의 비율로 저장되는 비교적 크기가 큰 구조를 가지는 TIN 보다 더 정확하게 지형을 표현한다. 지형 표현의 이러한 방법은 구조적으로 단순하며 쉽기 때문에 일반적으로 GIS에서 채택하고 있는 방법이다. 따라서 격자 DEM은 많은 지형 변수를 공간상에서 효과적이며, 일관되게 추출할 수 있다.

Mark(1984)는 격자화된 DEM으로부터 추출할 수 있는 포괄적인 지형 매개변수를 조사하였다. 그는 이 연구에서 지반의 함몰 지역, 유역 면적, 토공체적과 같은 변수들은 보간법 없이 격자 DEM으로부터 직접 이용할 수 있다고 하였다. Evans(1980)는 격자 DEM으로부

터 경사방향, 기울기, 곡률도 시스템을 개발하였으며, Skidmore(1989)는 격자 DEM으로부터 경사기울기와 경사방향을 계산하는 세 가지 방법의 영향을 비교하였다.

DEM에서의 지형 변수의 신뢰도는 자료원의 정확도와 처리과정의 오차, 표고의 공간 샘플링 간격에 의해서 영향을 받는다. 현재 지형의 표고 자료를 이용한 격자 DEM의 이용은 여러 분야에서 많이 응용되고 있는 실정이다. 그러나 이러한 격자 DEM에 응용은 자료원이나 격자 크기에 의해서 지형에 관련된 매개변수에 영향을 미친다(양인태와 김연준, 1997).

본 연구에서는 표고 격자 DEM을 이용하여 자료원과 격자크기가 지형 매개변수에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 분석에 이용되는 격자 DEM 구축은 1:50,000 수치지형도의 등고선 간격 20m 주곡선을 이용하여 TIN을 생성한 다음, 이 생성된 TIN으로부터 30m, 60m, 90m 격자 DEM을 구축하였다. 또한 digital terrain elevation data(DTED)를 이용하였다. 이 DTED 격자 DEM은 군사적 응용의 지원을 위해 National Imagery and Mapping Agency(NIMA)가 개발하였으며, 지역 높이, 경사 그리고 표면 조도 정보가 포함되어 있다. DTED 자료는 격자 크기가 약 3초로 약 100m × 100m이다. 따라서 이 DTED 자료를 이용하여 Nearest neighbor assignment 보간법을 이용하여 30m, 60m, 90m DEM를 생성하여 유역면적과 하천망의 지형 매개변수 영향을 분석하였다.

## 유역의 지형학적 인자

배수유역은 강우를 유출로 변환시키는 하나의 계로 생각할 수 있다. 이와 같은 변환과

정에서 유역은 강수량의 일부를 보수하게 되는데 이는 유출해석에서 직접유출이 아닌 점에서 손실로 취급된다. 손실이 일어나는 정도에 따라 유출의 크기가 달라지므로 유역의 특성(지형학적 및 지질학적 특성)과 수문기상학적 특성에 따라서 유출률이 지배된다. 주어진 강우량에 대한 유출이 어떻게 되는가를 예측하는 유출응답의 열쇠는 유역에 관한 이해를 필요로 한다. 유역의 중요한 요소는 면적, 길이, 형상, 경사, 토양형 및 토지이용 등이다.

1. 배수유역

배수유역은 강우가 지속되는 동안 유역의 유일한 유출구를 통과하는 유출에 기여하는 모든 지면으로 정의된다. 배수유역의 경계는 지형 분수계에 의하여 정의된다. 유역면적은 지형 분수계 내의 면적이다. 유출은 분수계의 높은 지점에서 시작하여 등고선에 대한 직각 방향으로 낮은 지점을 통하여 이동한다. 유역면적이 크면 지표유출도 크게 된다.

GIS의 DEM으로부터 배수유역의 결정은 수문 해석의 기본 지역을 정의하는 것으로 수문 지형인자 추출의 기본 처리 과정이다. 배수유역은 흐름방향 결과를 입력 자료로 하여 유

역의 유출구를 기준으로 작성된다. 유출구는 점 그리드로 지정해야 하며 유역경계에서 가장 낮은 점이 된다. 유출구 지정은 Arc/Info의 SELECTPOINT 명령어를 사용하여 결정한다. 배수유역의 추출은 전처리에서 생성된 흐름누적 그리드, 흐름방향 그리드에 의해서 처리되어 생성된 그리드를 이용하게 된다.

배수유역 면적계산은 ZONALAREA 함수로 같은 셀 값을 갖는 모든 셀들을 계산하여 산출한다. 그림 1은 유역 설정 과정과 면적 계산 과정을 나타낸 것이다.

유역경사는 DEM 자료로부터 SLOPE 그리드 함수를 이용하여 경사 그리드를 생성한다. 생성된 경사 그리드는 전처리에서 작성된 유역 그리드로 유역 범위의 경사 그리드를 추출한다. 추출된 유역 경사 그리드로부터 최소, 최대, 평균 경사 값을 추출한다.

일반적으로 지형도에서 한 유역의 유역면적은 유역경계의 구분을 필요로 하고 이 면적은 구적기로 계산된다. 유역면적은 강우로부터 유발될 수 있는 유출의 잠재력을 나타내는 잠재유출체적(potential runoff volume)의 척도이고 침투유량의 가장 중요한 인자이다.

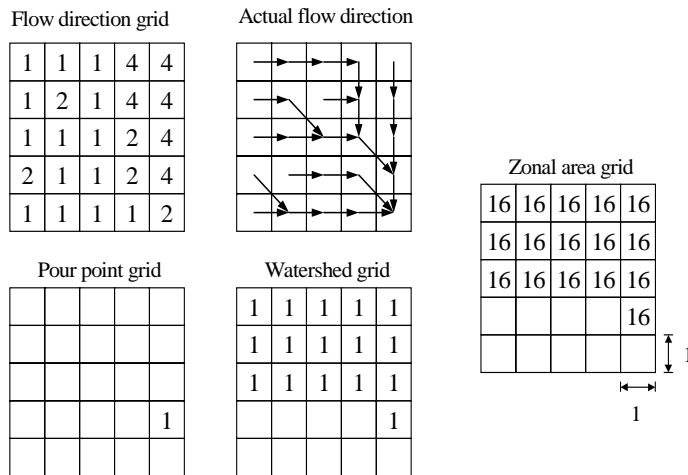


FIGURE 1. Determination of basin area

## 2. 유역경사

이는 두 지점간의 표고차이와 거리와의 비로 정의되고 지표류의 유속, 유역침식기능 및 지역적인 바람에 지대한 영향을 갖는다.

### 1) Horton방법

이 방법은 지형도상에서 유역면적을 격자망으로 나타낸다. 유역 경계선내의 각 가로격자선의 거리를 측정하고 이들의 합  $L_H$ 를 구한다. 세로 격자선에 대해서도 같은 방법으로 세로격자선의 합  $L_V$ 를 구한다. 가로 격자선이 등고선과 만나는 점의 수  $N_H$ , 세로 격자선이 등고선과 만나는 점의 수  $N_V$ 를 구한다. 유역경사  $S$ 는 다음 식으로 결정된다.

$$S = \frac{1}{2}(S_V + S_H) \quad (1)$$

여기서  $S_V$ 는 평균 세로경사로  $S_V = N_V h / L_V$ ,  $S_H$ 는 평균 가로경사로  $S_H = N_H h / L_H$ 이고,  $h$ 는 등고선 간격이다.

### 2) 격자방법

격자방법은 유역의 지형도상에 투명한 격자망을 겹친 다음 각 격자의 최대경사를 구하고 이들의 평균치를 계산한다. 이 평균치는 지표경사의 대표치로 취해진다.

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (2)$$

이 연구에서 사용된 GIS 툴인 Arc/Info는 격자방법에 의한 유역경사를 계산한다.

### 3) 등고선법

$$S = \frac{h \times L_c}{A} \quad (3)$$

여기서  $h$ 는 등고선 간격,  $L_c$ 는 유역내 등고선의 총 길이,  $A$ 는 유역면적이다.

### 4) Fleming 방법

이 방법은 유역을 격자망으로 분할하고 각 격자점에서 가장 가까운 수로에 가장 경사가

급한 방향에서 선을 그어 경사를 구한다. 유역 경사는 이와 같이 구한 경사들의 평균이다.

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (4)$$

여기서  $S_i$ 는 각 격자점에서 가장 가까운 수로에 대한 경사이고  $n$ 은 격자점의 수이다.

## 3. 하천차수 및 주 하천

하천차수(stream order)는 하천분기의 척도이고 하천의 모든 길이는 그의 차수로 구분된다. 한 유역의 최상류에 위치한 하천은 하류로 유하하는 과정에서 다른 하천과 합류하고 이는 다시 하류에서 또 다른 하천과 합류한다.

일반적으로 하천차수를 결정하는 방법은 미국의 Strahler 방법과 유럽의 Gravelius방법이 있는데, 전자는 상류의 수원점으로부터 시작하여 하류로 갈수록 차수가 높아지는 방법이며 후자는 하구를 포함한 본류를 기준으로 하류에서 상류방향으로 순차적으로 하천차수를 결정하는 방법이다.

Strahler개념에 의한 하천차수는 최상류단의 하천 즉, 지류를 갖지 않는 수원의 세류를 1차 하천이라고 하고 두 개의 1차 하천이 만나면 2차 하천, 다시 두 개의 2차 하천이 만나면 3차 하천이 된다. 그러나  $u$ 차 하천이  $u$ 차보다 작은 차수의 하천과 만날 경우에는  $u$ 차 하천의 차수는 변하지 않는다. 하천차수는 다른 형태의 배수특성을 계산하는데 이용된다. 수계의 분기비(bifurcation ratio)는 유출의 시간적 분포에 영향을 준다. 분기비  $R_b$ 는 주어진 차수의 하천수  $N_i$ 와 다음 높은 차수의 하천수  $N_{i+1}$ 과의 비이다.

$$R_b = \frac{N_i}{N_{i+1}} \quad (5)$$

그림 2는 Strahler와 Gravelius 방법에 의한 하천차수 부여 방법에 대해 나타내었다. 이 연구에서 하천차수는 Strahler방법에 의한 하천차수 부여 방법을 사용하였다.

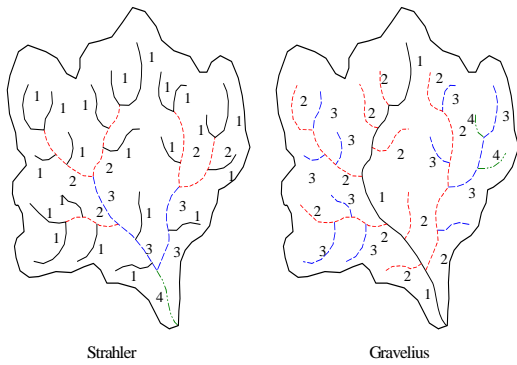


FIGURE 2. Stream order of a basin

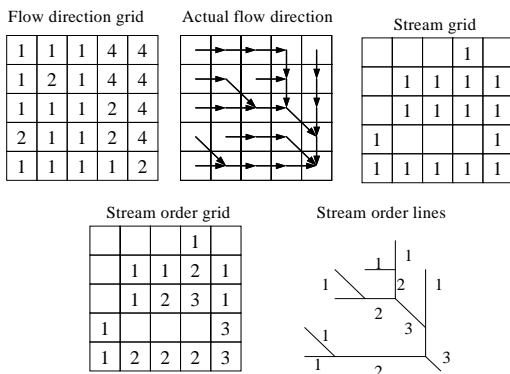


FIGURE 3. Determination of stream order grid and line coverage

그림 3은 격자 DEM으로부터 하천차수 작성 과정을 나타내고 있다. 작성된 하천차수 그리드는 하천차수 선형 커버리지로 변형시켜 차수별 정보를 추출하였다. 하천차수별 개수와 길이를 선정하는데 있어서 자료구성 형식에 따른 약간의 문제가 발생한다. 같은 차수의 하천일지라도 그 하천 주위에 하위 차수 하천이 연결되어 있으면 각각 다른 하천 개수로 계산하기 때문에 실제 하천 차수 개수보다 더 많은 개수의 하천이 계산된다. 이것을 해결하기 위해서 각각의 하천 차수별 자료로 분리하여 새로운 개별 차수 하천 커버리지를 만든 후 계산해야만 한다. 그리고 개별 차수 하천을 생성하면 같은 차수 하천이 별개의 개수이어도

인접해 있다면 같은 것으로 인식되어 하나의 하천으로 인식하는 문제도 발생한다. 이것은 개별 하천차수를 생성할 때 상위 하천차수 자료와 같이 포함시켜서 작성하여 계산하면 문제를 해결 할수 있다. 그림 4는 차수별 하천개수와 길이 산정 처리과정을 나타낸 것이다.

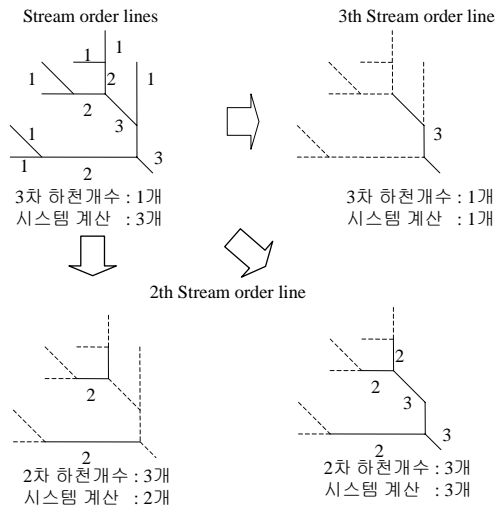


FIGURE 4. Determination of the number for stream order

차수별 면적을 산정하기 위해서는 각 차수별 하천이 만나는 지점을 확인하여야 한다. 차수별 교차점이 확인되면 교차점 그리드를 생성하여 유역설정 모듈과 같은 방법으로 차수별 면적을 계산한다. 차수별 면적으로 계산된 그리드 커버리지는 1차 하천 그리드 이외에는 하위 차수 그리드 면적들을 포함하고 있으므로 그리드 연산에 의해 하위차수 면적에 해당하는 그리드를 제외시켰다. 그림 5는 차수별 교차점 확인 방법을 나타낸 것이다.

하천경사는 하천의 흐름을 따라 인접 셀의 높이를 확인하여 거리와 높이의 비로 경사를 구하고 차수별 하천에 해당하는 부분을 추출하여 평균경사를 계산하였다. 차수별 하천의 추출은 하천차수 커버리지로부터 각 차수별 커버리지를 생성하여 차수 그리드로 변환한

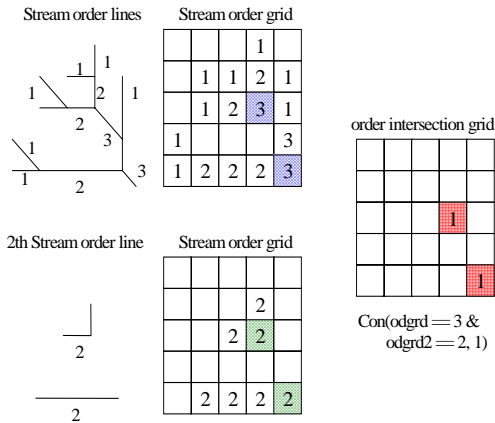


FIGURE 5. Determination of stream order intersection

커버리지를 사용한다. 그림 6은 차수별 하천경사 계산방법을 나타낸 것이다.

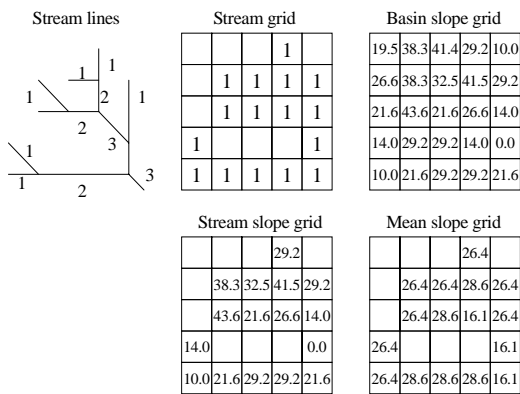


FIGURE 6. Determination of stream order slope

하천수법칙은 차수  $i$ 인 하천의 수  $N_i$ , 분기비  $R_b$  및 간선차수  $k$ 와의 관계를 나타내는 방정식으로  $N_i = R_b^{k-i}$  이다. 하천길이법칙은 차수  $i$ 인 하천의 평균길이  $L_i$ 를 하천길이 비  $R_L$  과 1차 하천의 평균길이  $L_1$ 의 함수로  $L_i = L_1 R_L^{i-1}$ 로 나타낸다. 여기서 하천길이 비  $R_L$ 은 임의의 차수의 하천길이와 다음 낮은 차수 하천의 평균길이의 비로  $R_L = \overline{L_{i-1}} / \overline{L_i}$ 이

다. 일반적으로  $R_L$ 의 범위는  $1.5 < R_L < 3.5$  이다. 하천면적법칙은 차수  $i$ 인 하천의 평균 지류면적  $A_i$ 를 1차 하천유역의 평균면적  $A_1$ 과 하천면적비  $R_a$ 의 함수인  $A_i = \overline{A_1} R_a^{i-1}$ 로 정의된다. 여기서 하천면적비  $R_a$ 는 임의차수인 하천의 평균 유역면적과 다음 낮은 차수 하천의 평균 유역 면적과의 비인  $R_a = \overline{A_{i+1}} / \overline{A_i}$ 이다.  $R_a$ 의 범위는 일반적으로  $3 < R_a < 6$ 이다.

하천경사법칙은 차수  $i$ 인 하천의 평균경사  $S_i$ 는 1차 하천의 평균경사  $S_1$ 과 하천경사비  $R_s$ 의 함수로 정의된다. 즉,  $S_i = \overline{S_1} R_s^{i-1}$ 이다. 여기서 하천경사비  $R_s$ 는 차수  $i$ 인 하천의 평균경사와 다음 높은 차수 하천의 평균경사의 비로  $R_s = \overline{S_i} / \overline{S_{i+1}}$ 이다.

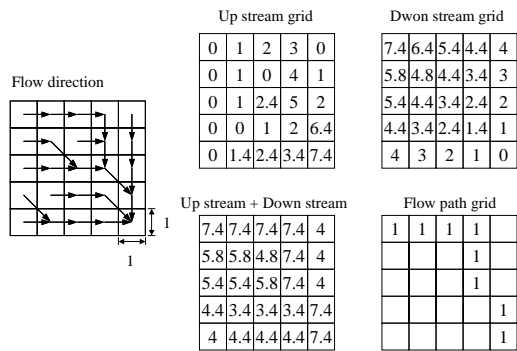


FIGURE 7. Method of flow path determination

주 하천 추출은 유역내의 가장 긴 하천 흐름을 설정하는 것이다. 그리드는 유출구에서 가장 먼 곳의 그리드에서 각 그리드까지의 거리 측정(down stream) 또는 유출구에서 모든 그리드 셀까지의 거리를 측정(up stream)할 수 있는 FLOWLENGTH 명령어를 제공한다. 이것은 가장 긴 하천 흐름을 제공하는 것은 아니다. 가장 긴 하천 흐름을 직접적으로 구하는 명령은 없다. 상향 흐름과 하향 흐름 그리드의 합은 가장 긴 흐름 길이를 갖는 그리드 (주 하천 그리드) 셀을 만든다. 이 두 하천 그리드 셀 이외의 셀들은 최대 길이보다 작은

값을 갖게 되므로 최대 길이 값을 추출하는 조건문을 만들어 주 하천 그리드를 추출할 수 있다. 그림 7은 주 하천 추출 처리과정을 나타낸 것이다. 이론적으로 조건문 처리는 가장 긴 흐름 길이와 같은 이 두 흐름의 합 그리드를 생성하지만, 곡률값 처리에 오차가 발생할 수 있다. 그러므로 조건문에 흐름길이 보다 2만큼 작게 설정된 그리드 값으로 주 하천을 추출하도록 하였다.

하천 총 연장은 전처리에서 작성된 하천망 커버리지로부터 Arc/Info의 통계 모듈인 통계 합수를 사용하여 하천망 길이의 합을 계산하였다.

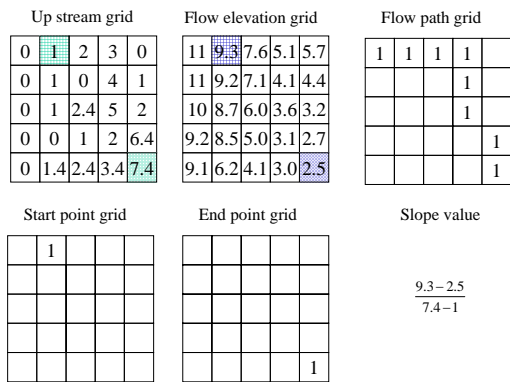


FIGURE 8. Calculation of stream slope S1

#### 4. 하천경사

하천경사는 하천의 종단도상에서 임의의 두 점의 표고차이와 수평거리의 비로 정의한다. 하천경사는 수로에서의 유속과 유출의 흐름특성에 미치는 영향이 크다. 하도의 종단도는 일반적으로 위로 오목한 형태이고 하류로 갈수록 경사는 완만해진다. 하천경사는 바닥마찰에 비례하고 수심이 반비례한다. 작은 계류는 바닥마찰이 크고 수심이 작다. 그러나 큰 하천은 작은 바닥 마찰에 큰 수심을 갖는다.

본 연구에서는 종단도에서 최대표고차이  $\Delta H$ 와 수평거리  $L$ 의 비는 경사  $S_1$ 으로 정의한다.

$$S_1 = \frac{\Delta H}{L} \tag{6}$$

하천 경사는 구해진 주 하천의 길이 중 최고지점과 최저지점을 각각 확인하여 상향 흐름에 의한 각각의 길이 값을 추출하였다. DEM 자료로부터 확인된 각 지점의 높이 값 (최대표고차이  $\Delta H$ 와 수평거리  $L$ )을 추출하여 높이대 길이의 비로 하천경사  $S_1 = \Delta H / L$ 를 계산하였다.

#### 5. 하천밀도

하천밀도 또는 배수밀도  $D$ 는 유역내의 총 하천길이를 총 면적으로 나눈 값으로 정의되고 유역의 단위면적에 대한 하천길이를 나타낸다. 따라서  $D$ 는  $[L^{-1}]$ 의 차원을 갖는다.

$$D = \frac{L_T}{A_k} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{N_j} \frac{L_{ij}}{A_k} \tag{7}$$

여기서  $L_T$ 는 차수  $k$ 인 유역면적  $A_k$ 내 하천의 총 길이이다. 첨자  $j$ 는 차수를,  $i$ 는 하천의 수를 나타낸다. 높은 배수밀도는 상대적으로 높은 하천밀도와 신속한 호우응답을 나타낸다. 이는 토양이 침식성이거나 불투수성이고 경사가 급하고 식생피복이 빈약한 지역에서 관찰된다. 반대로 배수밀도는 완만한 수문학적응답과 빈약한 배수유역을 나타낸다. 이는 토양이 내침식성이거나 투수성이 높고 기복이 심한 지역에서 관찰된다.

#### 6. 하천빈도

하천빈도는 단위면적에 대한 하천의 수로 정의된다.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{A_k} \tag{8}$$

여기서  $N_i$ 는 차수  $i$ 인 하천의 수,  $\sum_{i=1}^n N_i$ 는 차수  $k$ 인 유역내의 모든 차수에 대한 총 하천 수이고,  $A_k$ 는 차수  $k$ 인 유역의 총 면적이다. 따라서 하천 총 개수는 차수별 계산 결과와 각 차수별 개수 값을 확인하여 총 개수 값을 계산한다.

7. 유역형상계수

유역은 매우 다양한 모양을 갖는다. 유역의 형상이 수문곡선의 모양과 침투에 미치는 영향이 크다. 유역형상계수는 유역면적과 가장 긴 하천길이 제곱의 비로 나타낸다.

$$K_f = \frac{A}{L_c^2} \tag{9}$$

여기서  $K_f$ 는 형상계수( $K_f < 1$ ), A는 유역면적( $\text{km}^2$ ),  $L_c$ 는 가장 긴 하천의 길이(km)이다. 정사각형 유역은  $K_f = 1$ , 원형유역은  $K_f = 0.79$ 이고, 길고 좁은 유역은  $K_f < 1$ 이다.

유역면적은 전처리에서 설정된 유역 DEM으로부터 면적을 추출하여, 주하천 추출에서 계산된 주하천 길이 값을 이용하여 계산한다.

실제적용 및 결과분석

1. 배수유역 면적과 경사분석

연구 대상지역으로는 평창강 유역을 선정하였다. 이 DEM 자료를 구축하기 위하여 연구대상지역이 포함되어 있는 축척 1:50,000 수치지형도로부터 20m 주곡선 등고선자료를 이용하였다. 이 등고선 표고 값을 이용하여 TIN를 생성한 다음, 이 TIN자료를 이용하여 각각 30m, 60m, 90m 격자 DEM을 구축하였다. 또한 DTED 자료를 이용하여 수치지형도와 동일한 크기를 가지는 30m, 60m, 90m 격자 DEM을 생성하였다. 따라서 수치지형도로 구축된 30m, 60m, 90m의 격자 DEM을 생성하기 위하여

TABLE 1. Watershed area and slope derived from DEM grid size

구 분	격자크기 (m)	유역면적 ( $\text{km}^2$ )	유역최소 경사 (%)	유역최대 경사 (%)	유역평균 경사 (%)
Digital Map	30	400.94	0	146.13	34.24
DTED		400.35	0	215.00	33.70
편 차		0.59	0	-68.87	0.54
Digital Map	60	401.16	0	118.78	31.29
DTED		400.17	0	147.71	29.77
편 차		0.99	0	-28.93	1.52
Digital Map	90	401.11	0	102.29	28.63
DTED		399.59	0	105.56	27.58
편 차		1.52	0	-3.27	1.05

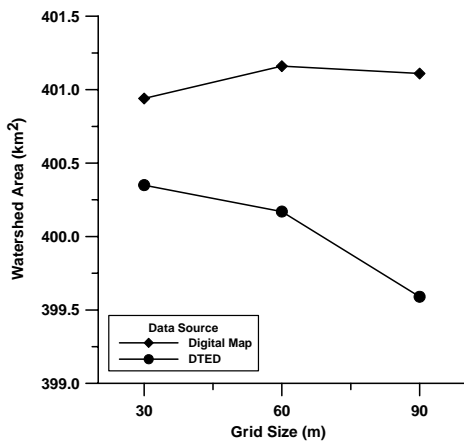


FIGURE 9. Watershed area of the study area

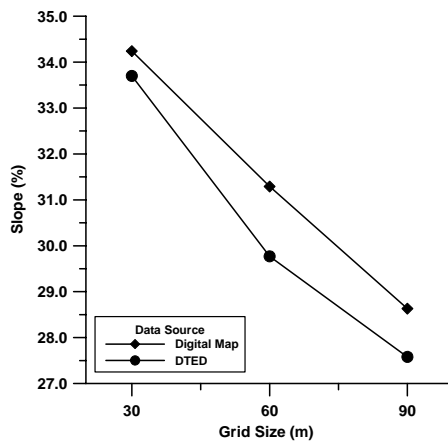


FIGURE 10. Average slope of the study area



Nearest neighbor assignment 보간법을 이용하였다. 또한 이 DTED는 WGS 84 좌표계를 사용하므로 좌표 변환을 통하여 수치지형도의 좌표계와 일치시켰다.

격자 DEM으로부터 배수유역을 결정하기 위하여 유역의 유출구를 SELECTPOINT로 결정하였다. 이 결정되면 흐름방향 격자를 이용하여 각각의 격자 DEM으로부터 배수유역이 자동으로 추출된다. 또한 이 지정된 배수유역에 대해 생성된 경사 그리드를 이용하여 배수유역의 경사값을 추출할 수 있다. 표 1은 연구대상지역에 대한 배수유역 면적과 경사값을

각각의 DEM 격자크기로부터 추출하여 나타낸 것이다. 그림 9와 그림 10은 연구대상지역의 DEM 격자크기에 따른 배수 유역면적과 유역 평균경사를 나타낸 것이다.

이 연구대상 유역의 준용하천 하천정비 기본계획을 살펴보면, 이 유역의 면적은 401.60 km<sup>2</sup>이고, 유역의 평균경사는 31.40%로 나타나 있다. 따라서 격자 DEM으로부터 추출된 배수 유역면적은 실제의 유역면적의 거의 일치함을 알 수 있다. 또한 축척 1:50,000 수치지형도에 의한 DEM과 DTED의 자료로부터 추출된 배수유역 면적은 90m DEM 격자 크기에서 최대

TABLE 2. Stream networks analysis derived from DEM grid size

격자 크기 (m)	흐름 누적 임계값	자료 원	하천 총 갯 수	하천총 길이 (km)	주하천 길이 (km)	유역 형상 계 수	하천 밀도 (km/km <sup>2</sup> )	하천 빈도 (개/km <sup>2</sup> )	
30	200	Digital Map	776	617.42	46.81	0.18	1.54	1.94	
		DTED	830	616.42	48.34	0.17	1.54	2.08	
	260	Digital Map	588	536.48	46.71	0.18	1.34	1.47	
		DTED	624	531.50	48.25	0.17	1.33	1.56	
	320	Digital Map	477	477.36	46.73	0.19	1.19	1.19	
		DTED	503	472.86	48.25	0.17	1.18	1.26	
	380	Digital Map	394	440.36	46.41	0.19	1.10	0.99	
		DTED	415	433.41	48.09	0.17	1.08	1.04	
	440	Digital Map	337	411.57	46.41	0.19	1.03	0.84	
		DTED	376	414.42	47.99	0.17	1.00	0.82	
	60	40	Digital Map	916	669.10	47.34	0.18	1.67	2.28
			DTED	977	706.38	49.25	0.17	1.77	2.44
60		Digital Map	623	543.01	47.26	0.18	1.35	1.55	
		DTED	654	564.65	49.25	0.17	1.41	1.64	
80		Digital Map	470	468.42	47.05	0.18	1.17	1.17	
		DTED	491	480.26	49.09	0.17	1.20	1.23	
100		Digital Map	369	421.33	46.93	0.18	1.05	0.92	
		DTED	372	424.57	49.09	0.17	1.06	0.93	
120		Digital Map	312	385.70	46.93	0.18	0.96	0.78	
		DTED	306	385.67	48.85	0.17	0.96	0.77	
90		15	Digital Map	984	696.28	47.50	0.18	1.74	2.45
			DTED	1028	700.37	48.90	0.17	1.75	2.57
	25	Digital Map	624	542.75	47.37	0.18	1.35	1.56	
		DTED	630	543.17	48.50	0.17	1.36	1.58	
	35	Digital Map	438	457.46	47.10	0.18	1.14	1.09	
		DTED	465	459.95	48.50	0.17	1.15	1.16	
	45	Digital Map	354	408.19	47.10	0.18	1.02	0.88	
		DTED	351	406.12	48.41	0.17	1.02	0.88	
	55	Digital Map	287	368.07	47.10	0.18	0.92	0.72	
		DTED	284	367.19	48.11	0.17	0.92	0.71	

배수 유역 면적이 1.52km<sup>2</sup>로 거의 동일한 면적으로 나타난다. 따라서 배수 유역면적은 수치지형도와 DTED 자료 뿐 만 아니라 DEM 격자크기에 관계없이 거의 동일하게 추출되었다.

유역의 평균경사는 수치지형도로 구축한 60m DEM의 31.29%로 하천정비 기본계획에 나타난 자료와 거의 일치하였으며, 두 자료원 사이에 약간의 평균경사 차이가 발생하였으며, 동일한 격자크기에서는 일반적으로 수치지형도로 구축한 것이 DTED 자료원 보다 평균경사가 높게 나타났다. 또한 두 자료원 모두 DEM 격자 크기가 증가하면 평균 경사가 낮게 나타났다.

## 2. 하천망 분석

격자 DEM으로부터 하천망을 추출하는 경우, 하천망은 DEM 격자크기와 흐름누적 임계값에 따라 많은 영향을 받는다. 본 연구에서는 이 흐름누적 임계값의 영향을 분석하는 것이 아니라 자료원에 의한 영향을 분석하기 때문에 동일한 격자크기와 흐름누적 임계값의 조건으로 하천망 분석을 수행하였다.

표 2는 각각 1:50,000 수치지형도와 DTED의 30m, 60m, 90m DEM으로부터 동일한 흐름누적 임계값을 부여하여 하천 총개수, 총길이, 주하천 길이, 유역형상 계수, 하천밀도 및 빈도를 추출한 것이다. 또한 표 3, 4, 5는 각각

TABLE 3. Stream order analysis derived from 30m DEM grid size

흐름 누적 임계값	자료원	구 분	1 하천	2 하천	3 하천	4 하천	5 하천	6 하천
200	Digital Map	하천개수	619	123	26	7	1	
		하천길이(km)	312.88	158.44	73.51	37.87	34.72	
		평균경사(%)	0.128	0.076	0.033	0.015	7.420	
	DTED	하천개수	641	140	37	8	3	1
		하천길이(km)	316.04	143.34	63.55	45.70	29.33	18.46
		평균경사(%)	0.044	0.030	0.016	0.006	0.003	11.574
260	Digital Map	하천개수	460	99	21	7	1	
		하천길이(km)	258.20	146.43	61.16	35.97	34.72	
		평균경사(%)	0.118	0.068	0.029	0.015	7.420	
	DTED	하천개수	484	103	27	7	2	1
		하천길이(km)	259.08	140.65	51.37	36.78	25.16	18.46
		평균경사(%)	0.042	0.026	0.013	0.006	0.002	11.373
320	Digital Map	하천개수	367	84	18	7	1	
		하천길이(km)	220.02	132.67	53.98	35.97	34.72	
		평균경사(%)	0.113	0.060	0.025	0.015	7.420	
	DTED	하천개수	385	86	22	7	2	1
		하천길이(km)	228.91	120.82	45.55	33.96	25.16	18.46
		평균경사(%)	0.038	0.023	0.012	0.006	0.002	11.574
380	Digital Map	하천개수	305	68	15	5	1	
		하천길이(km)	205.38	121.73	60.08	26.24	26.93	
		평균경사(%)	0.105	0.055	0.019	0.015	8.14	
	DTED	하천개수	322	70	16	6	1	
		하천길이(km)	208.24	109.83	45.18	35.38	34.78	
		평균경사(%)	0.037	0.021	0.011	0.005	9.818	
440	Digital Map	하천개수	257	60	14	5	1	
		하천길이(km)	201.58	104.53	52.29	26.24	26.93	
		평균경사(%)	0.098	0.050	0.018	0.015	8.143	
	DTED	하천개수	291	65	14	5	1	
		하천길이(km)	200.76	102.48	56.06	20.34	34.78	
		평균경사(%)	0.036	0.020	0.009	0.004	9.818	

TABLE 4. Stream order analysis derived from 60m DEM grid size

흐름 누적 임계값	자료원	구 분	1 하천	2 하천	3 하천	4 하천	5 하천	6 하천
40	Digital Map	하천개수	726	145	36	8	1	
		하천길이(km)	345.76	157.32	86.65	44.07	35.30	
		평균경사(%)	0.135	0.084	0.041	0.016	8.439	
	DTED	하천개수	779	152	35	8	2	1
		하천길이(km)	380.48	165.15	71.17	44.81	25.97	18.80
		평균경사(%)	0.035	0.027	0.012	0.005	0.002	9.392
60	Digital Map	하천개수	487	101	26	8	1	
		하천길이(km)	264.30	138.39	64.81	40.21	35.30	
		평균경사(%)	0.122	0.075	0.031	0.016	8.439	
	DTED	하천개수	518	103	25	7	1	
		하천길이(km)	283.48	144.29	55.79	45.44	35.65	
		평균경사(%)	0.033	0.024	0.012	0.004	7.944	
80	Digital Map	하천개수	363	79	20	7	1	
		하천길이(km)	215.38	128.51	52.41	36.82	35.30	
		평균경사(%)	0.113	0.062	0.027	0.016	8.439	
	DTED	하천개수	387	79	18	6	1	
		하천길이(km)	237.23	124.42	40.78	42.18	35.65	
		평균경사(%)	0.031	0.021	0.010	0.004	7.944	
100	Digital Map	하천개수	283	65	15	5	1	
		하천길이(km)	201.64	109.95	57.16	24.40	28.18	
		평균경사(%)	0.104	0.052	0.021	0.016	9.036	
	DTED	하천개수	291	62	13	5	1	
		하천길이(km)	209.95	104.41	50.08	31.93	28.20	
		평균경사(%)	0.030	0.019	0.008	0.004	8.004	
120	Digital Map	하천개수	234	57	15	5	1	
		하천길이(km)	191.17	87.40	54.55	24.40	28.18	
		평균경사(%)	0.097	0.046	0.021	0.016	9.036	
	DTED	하천개수	236	53	12	4	1	
		하천길이(km)	194.92	84.83	49.68	37.44	18.80	
		평균경사(%)	0.029	0.017	0.008	0.003	9.392	

30m, 60m, 90m DEM으로부터 하천차수별 하천개수, 하천망 길이, 하천차수 평균경사를 추출한 것이다. 이들 하천차수에 의한 하천망 분석 결과를 분석해보면, 30m DEM의 경우 일반적으로 1차, 3차, 5차 하천은 수치지형도로 구축한 DEM 보다 DTED로부터 추출한 하천망의 개수와 길이 크게 나타났다. 반면에 2차와 4차 하천은 적게 나타남을 알 수 있었다. 또한 수치지형도로 구축한 DEM에서는 6차 하천이 나타나지 않은 반면, DTED에서는 6차

하천이 나타남을 알 수 있었다. 60m DEM은 1차, 2차 하천의 하천 개수와 길이가 DTED가 크게 나타났으며, 2차 하천은 적게 나타났다. 4차 하천은 하천의 개수는 비슷한 반면에 하천 길이는 DTED 자료가 더 크다는 것을 알 수 있었다. 90m DEM의 경우, 일반적으로 최고차 하천을 제외하면, 하천의 개수는 DTED 자료로부터 추출한 것이 많으나 하천 길이는 비슷하게 나타났다.

TABLE 5. Stream order analysis derived from 90m DEM grid size

흐름 누적 임계값	자료원	구 분	1 하천	2 하천	3 하천	4 하천	5 하천	6 하천
15	Digital Map	하천개수	788	148	36	9	2	1
		하천길이(km)	373.68	158.96	78.43	45.62	17.71	21.88
		평균경사(%)	0.139	0.088	0.042	0.015	0.009	10.49
	DTED	하천개수	810	166	41	8	2	1
		하천길이(km)	369.37	166.59	72.97	47.40	25.39	18.65
		평균경사(%)	0.044	0.032	0.017	0.006	0.002	9.056
25	Digital Map	하천개수	494	97	25	7	1	
		하천길이(km)	270.21	139.22	59.50	38.38	35.44	
		평균경사(%)	0.123	0.074	0.028	0.016	9.141	
	DTED	하천개수	497	100	22	8	2	1
		하천길이(km)	272.09	138.39	51.43	37.22	25.39	18.65
		평균경사(%)	0.041	0.029	0.013	0.005	0.002	9.056
35	Digital Map	하천개수	346	69	16	6	1	
		하천길이(km)	224.09	117.96	44.07	35.90	35.44	
		평균경사(%)	0.111	0.059	0.022	0.016	9.141	
	DTED	하천개수	364	78	16	6	1	
		하천길이(km)	223.23	119.53	42.15	39.93	35.11	
		평균경사(%)	0.038	0.025	0.011	0.005	7.54	
45	Digital Map	하천개수	279	56	13	5	1	
		하천길이(km)	202.88	98.22	56.48	22.22	28.39	
		평균경사(%)	0.101	0.052	0.019	0.014	9.921	
	DTED	하천개수	272	62	12	4	1	
		하천길이(km)	196.98	97.96	57.25	25.98	27.95	
		평균경사(%)	0.036	0.023	0.009	0.004	7.82	
55	Digital Map	하천개수	222	50	11	3	1	
		하천길이(km)	181.18	84.06	57.66	23.29	21.88	
		평균경사(%)	0.095	0.048	0.018	0.010	10.491	
	DTED	하천개수	221	51	9	2	1	
		하천길이(km)	185.18	84.41	53.56	25.39	18.65	
		평균경사(%)	0.034	0.018	0.007	0.002	9.056	

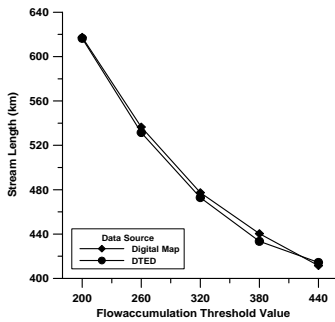


FIGURE 11. Total stream length of 30m DEM

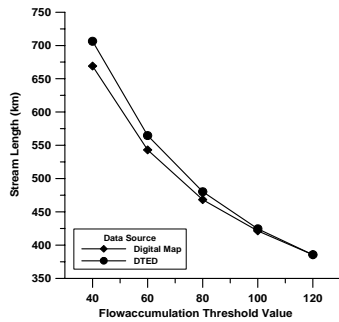


FIGURE 12. Total stream length of 60m DEM

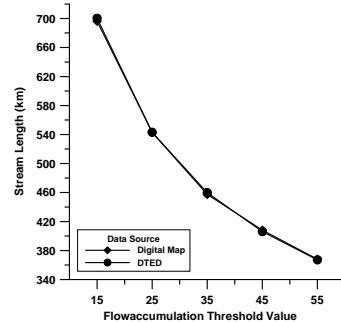


FIGURE 13. Total stream length of 90m DEM

Calculation of stream slope

그림 11, 12, 13은 각각의 DEM으로부터 흐름누적 임계값에 따른 하천 총길이를 나타내는 그래프이다. 이 그래프를 살펴보면 흐름누적 임계값에 따른 하천망의 총길이가 30m DEM에서는 흐름누적 임계값이 200과 440에서 거의 비슷하게 나타나며, 60m DEM의 경우는 흐름누적 임계값이 커지면서 줄어들면서 하천망 총길이의 차이가 거의 동일하게 나타났다. 90m DEM의 경우는 모든 흐름누적 임계값에서 두 자료원으로부터 추출한 하천망의 총길이가 거의 동일하게 나타난다는 것을 알 수 있었다. 이것은 DEM의 격자크기가 증가하면 DEM의 격자크기 증가로 인하여 세부적으로 지형 표면을 고려하지 못하기 때문이라고 판단된다.


## 결 론

본 연구에서는 1:50,000 수치지형도의 주곡선 간격 20m 자료로 구축된 격자 DEM과 Digital Terrain Elevation Data(DTED)로부터 추출된 유역면적과 하천망 지형 매개변수를 비교 분석하였다.

배수 유역면적은 90m DEM에서 최대면적 오차 0.38%에 해당하는 1.52km<sup>2</sup> 면적 차이가 발생하였다. 따라서 배수 유역면적은 수치지형도와 DTED 자료 뿐만 아니라 DEM 격자크기에 관계없이 거의 동일하게 추출되며, 실제의 유역면적과도 거의 일치된다는 것을 알 수 있었다. 유역의 평균경사는 수치지형도로 구축한 60m DEM과 거의 일치하였으며, 두 자료원의 비교에서 수치지형도로 구축한 것이 평균경사가 높게 나타났으며, DEM 격자크기가 증가하면 상대적으로 평균경사가 낮아지는 것을 알 수 있었다.

하천망 추출에서는 하천망은 DEM 격자크기에 관계없이 흐름누적 임계값에 따라 많은 영향을 받았다. 그러나 본 연구에서는 두 자료원에 동일한 격자크기와 흐름누적 임계값을 적용하여 비교분석을 수행하였다. 일반적으로 수치지형도로 구축한 것보다 DTED DEM으로

부터 추출한 하천망에서 하천차수가 높게 나타났다으며, 하천망 총 길이는 분석한 결과 90m DEM에서 추출한 것이 두 자료원사이에 거의 동일하게 추출되었다.

본 연구를 통하여 DEM으로부터 지형 매개변수를 추출할 경우, 배수 유역은 격자크기와 관계없이 실제의 유역면적과 거의 동일하게 추출되지만 유역의 경사는 자료원과 격자크기에 따라 영향을 받으며, 또한 하천망 추출의 경우 자료원 뿐만 아니라 흐름누적 임계값의 영향을 크게 받는다는 것을 알 수 있었다. 따라서 특히 하천망과 유역경사를 격자 DEM으로부터 추출하는 경우에는 세심한 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다. 

## 참고문헌

- 김연준. 1999. 지형공간정보체계를 이용한 유역분석. 강원대학교 박사학위논문.
- 박영일. 1995. 수치지형모형으로부터 유역의 하천형태학적 특성인자 추출에 관한 연구. 강원대학교 석사학위논문.
- 안승섭, 조명희. 1999. 지리정보시스템을 이용한 하천유역의 지상학적 특성분석. 한국지리정보학회지 2(3):23-34
- 양인태, 김연준. 1997. 수문해석을 위한 DEM에 의한 지형의 경사도분석에서 격자 크기의 영향. 한국측지학회지15(2):221-230.
- 차상화, 권기욱. 2001. GIS를 이용한 하천유역의 프랙탈 특성 분석. 한국지리정보학회지 4(4):51-60.
- 최영재. 2000. 지형공간정보체계에 의한 수문 분석용 지형자료 관리 인터페이스 개발. 강원대학교 박사학위논문.
- Band, L.E. 1986. Topographic partition of watershed with digital elevation models. Water Resources Research, Vol.22, pp. 15-24.
- Carter, J.R. 1992. The effect of data

- precision on the calculation of slope and aspect using gridded DEMs. *Cartographica* 29:22-34.
- Chang, K. and B. Tsai. 1991. The effect of DEM resolution on slope and aspect mapping. *Cartography and Geographic Information System* 18:69-77.
- Evans, I.S. 1980. An integrated system of terrain analysis and slope mapping. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Supplement* 36:274-295.
- Franklin, S.E. 1987. Geomorphometric processing of digital elevation models. *Computers and Geosciences* 13:603-609.
- Gao, J. 1997. Resolution and accuracy of terrain representation by grid DEMs at a microscale. *International Journal of Geographical Information Science* 11:199-212.
- Mark, D. M. 1984. Automatic detection of drainage networks from digital elevation models. *Cartographica* 21:168-178.
- Skidmore, A. K. 1989. A comparison of techniques for calculating gradient and aspect from a gridded digital elevation model. *International Journal of Geographical Information System* 3:323-334. [KAGIS](#)