

# GSIS의 그리드 분석 기법에 의한 수문 지형인자 추출 Extraction of the hydrologic terrain factor in a watershed using GRID analysis technology of GSIS

양인태\* · 최영재\*\*

Yang, In-Taep Choi, Young-Jae

## 요 旨

수문 매개변수는 공간적으로 다양하며 여러 가지 축척과 정확도를 가진 지도에 대한 해석을 필요로 한다. 자료 요구는 광범위하며, 자료의 획득과 처리는 시간을 많이 소모한다. 이러한 이유로, 이 연구의 목적은 지형공간정보체계를 이용하여 수문 지형인자 추출시스템을 개발하는 것이다. 수문 지형인자 추출시스템은 수문 매개변수를 메뉴 방식으로 추출하기 위한 프로그램이다. 이것은 GSIS 프로그램인 Arc/Info에 의해 개발하였다. 유역 유출점을 설정하고 중요한 수문 매개변수를 추출하기 위해 공간분석 기능을 이용하였다. 이 시스템은 수치고도자료를 이용하여 유역경계, 주하천 길이, 유역 평균경사 등과 같은 지형인자를 추출한다.

## ABSTRACT

Hydrologic parameters vary spatially and require interpretation of maps which often vary in scale and accuracy. Data requirements can be extensive, and acquisition and manipulation of the data are time-consuming. The purpose of this study is to develop Hydrologic Terrain Factor Extract System (HTFES) using Geo-Spatial Information System(GSIS). The HTFES is a package of spatial data and menu-driven programs that allows user-interactive determination of hydrologic parameters. The program employs Arc/Info, a commercial Geo-Spatial Information System. Spatial analysis techniques were employed to define watershed outlets and to determine important hydrologic parameters. The system delineates drainage boundaries, flow paths, average watershed slope and etc. using relevant digital elevation data.

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

인간의 생활에서 물은 모든 분야에 걸쳐 없어서는 안 될 필수적인 것으로 강우에 의해 유역이라는 공간을 통해 하천으로 흐르는 자원이다. 이러한 자원의 관리 및 보전을 위하여 많은 수문학자들이 시스템을 개발하여 하천유역의 적용성을 검토하는 많은 노력을 기울여왔다.<sup>1)</sup> 대부분의 수리·수문 계산 절차는 복잡한 수학적인 계산을 수행하기 위해 컴퓨터 프로그램을 이용하고 있다. 그러나, 컴퓨터 프로그램의 입력에 필요한 자료를 확립하고 처리할 수 있는 충분한 노력이 요구된다.

수문유출 매개변수의 평가는 현재 수작업으로 수행되

고 있다. 일례로, 배수 지역의 묘사와 측정은 설계자가 등고선을 해석하여 배수 경계를 확립하기 때문에 몇몇의 지형도를 격자형태로 조각을 내서 이루어지고 있다. 면적의 측정은 구적기를 이용하거나 CAD 시스템의 디지털 타이핑을 이용한다. 기타 매개변수로는 토지이용/피복 특성, 토양 종류 및 특성, 설계 강우 특성, 유역 경사 등이 있다.<sup>2)</sup>

수문 매개변수는 공간적으로 다양하며 여러 가지 축척과 정확도를 가진 지도에 대한 해석을 필요로 한다. 자료 요구는 광범위하며, 자료의 획득과 처리는 시간을 많이 소모한다. 따라서 공간자료를 효과적으로 처리 및 분석할 수 있는 새로운 기법인 지형공간정보체계(GSIS : Geo-Spatial Information System)를 이용하는 것이 효과적이다. 이 GSIS는 유역분석에 필요한 매개변수를 적절하게 제공한다. 특히 수치표고데이터와 지형속성(경사와 경사방향)의 결합은 비교적 좋은 해상력에 수문 처리의

\*강원대학교 토목공학과 교수

\*\*강원대학교 토목공학과 박사수료

공간적 변수를 결정하기 위해 점점 더 강조되고 있다.<sup>3,6)</sup>

대부분의 수문분석에 GIS 적용은 일반 격자화된 표현으로 변화된 입력 데이터로 모델링을 위한 구조로서 격자(grid) 또는 래스터 데이터 구조를 사용한다. 주로 수계는 수치지형모델로부터 자동 추출된 일련의 하천격자에 의한 형식으로 표현된다. 이런 형식의 표현은 GRID형태로 GIS에서 수문 분석용 도구로서 제공한다. DEM 데이터를 입력자료로 사용하여 배수시스템을 표현하면 이 시스템에 대한 특징을 양적으로 나타낼 수 있다.<sup>7,8)</sup>

GIS의 GRID 분석에 의한 수문인자 추출에 대한 모델과 수문분석에 관한 연구가 이미 여러 차례 행해지고 있다. 하지만, 이들 수문인자 추출에 대한 작업의 일부가 수작업에 의해 처리되고 있으며 그래픽 사용자 인터페이스에 의한 시스템 개발은 아직까지 미미한 단계라 할 수 있다.

그러므로, 이 연구의 목적은 GIS의 그리드 분석에 의하여 수문분석에 사용되는 수문 지형인자를 자동 추출하는 방법과 메뉴방식의 그래픽사용자 인터페이스를 제공하는 시스템을 개발하는 것이다.

## 1.2 연구방법 및 범위

수문 지형인자 추출을 위해 지형인자 분류 및 추출방법을 확인하고 GIS에서 자동 생성 방법을 연구하였다. 대부분의 지형인자 추출은 등고선도 또는 기존 DEM 데이터와 같은 기본 데이터가 필요하며, 이 데이터를 이용한 GRID분석에 의해 이루어진다. 등고선도는 1/25,000 지형도에서 추출한 지형도면을 이용하여 DEM 자료로 변환하였다.

변환된 DEM 자료는 수문 지형인자를 추출하기 위한 자료준비 단계인 전처리 단계를 거쳐 확인된 지형인자들에 대해 그리드 분석에 의한 자동추출기법을 연구하였다. 추출된 지형인자 값은 한국건설기술연구원에서 보고된 평창강유역의 수문특성조사 자료와 비교하여 결과값을 확인하였다.

연구된 추출기법을 바탕으로 개발 알고리즘을 설계하여 프로그램하였다. 프로그램은 Arc/Info의 Arc Macro Language(AML)로 개발되었으며, 수문 지형자료 추출시스템으로 칭하였다.

실제 적용지역은 평창강 유역의 일부를 형성하고 있는 준용하천 평창강 유역으로 선정하였다. 이 유역은 한강

수계의 북단부의 동경 128° 15' 27"~128° 31' 09", 북위 37° 26' 37"~37° 43' 54" 사이에 위치한다.

## 2. 수계의 지형학적 인자 및 특성

유역은 강우를 유출로 변환시키는 하나의 계로 생각할 수 있다. 이와 같은 변환과정에서 유역은 강수량의 일부를 보수하게 되는데 이는 유출해석에서 직접유출이 아닌 점에서 손실로 취급된다. 손실이 일어나는 정도에 따라 유출의 크기가 달라지므로 유역은 유출률을 지배한다. 주어진 강우량에 대한 유출이 어떻게 되는가를 예측하는 유출응답의 열쇠는 유역에 관한 이해를 필요로 한다. 유역의 중요한 요소는 면적, 길이, 형상, 경사 등이다.

이 연구에 적용을 위한 지형인자에 대한 내용은 다음과 같다.<sup>9,10)</sup>

### 2.1 유로연장

유역의 유출구에서 주수로를 따라 수로가 시작하는 점까지의 거리,  $L_c$

### 2.2 하천경사

하천의 종단도상에서 임의의 두점의 표고차이와 수평거리의 비로 정의한다.

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

$$S_1 = \frac{\Delta H}{L} \quad (1)$$

2. 경사  $S_{10-85}$ 는

$$S_{10-85} = \frac{\Delta H_{10-85}}{L_{10-85}} \quad (2)$$

여기서  $L_{10-85}$ 는 유출구에서 수로의 길이 10%와 85% (낮은 10%와 높은 15% 제외)에 해당하는 두 점간의 거리이고  $\Delta H_{10-85}$ 는 수로길이  $L_{10-85}$ 에 해당하는 표고차이이다.

### 2.3 유역경사

이는 두 지점간의 표고차이와 거리와의 비로 정의되고 지표류의 유속, 유역침식능 및 지역적인 바람에 지대한 영향을 갖는다. 유역경사를 산정하는 방법은 (1) Horton

방법, (2) 격자방법, (3) 등고선법(Van Haveren, 1977), (4) Fleming 방법(Fleming, 1977) 이 있다. 이 연구에서 사용된 GIS는 Arc/Info는 격자방법에 의하여 유역경사를 계산한다.<sup>12)</sup>

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

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (3)$$

$S_i$  : 격자별 경사

#### 2.4 하천차수

일반적으로 하천차수를 결정하는 방법은 미국의 Horton-Strahler 방법과 유럽의 Gravelius방법이 있는데, 전자는 상류의 수원점으로부터 시작하여 하류로 갈수록 차수가 높아지는 방법이며 후자는 하구를 포함한 분류를 기준으로 하류에서 상류방향으로 순차적으로 하천차수를 결정하는 방법이다. 하천차수는 다른 형태의 배수특성을 계산하는데 이용된다. 이 연구에서는 Strahler에 의한 하천차수 부여방법을 사용하였다.

#### 2.5 수계밀도

수계밀도 또는 배수밀도 D는 유역내의 총하천길이를 총면적으로 나눈 값으로 정의되고 유역의 단위면적에 대한 하천길이를 나타낸다. 높은 배수밀도는 상대적으로 높은 하천밀도를 그리고 신속한 호우응답을 나타낸다. 이는 토양이 침식성이거나 불투수성이고 경사가 급하고 식생피복이 빈약한 지역에서 관찰된다. 반대로 배수밀도는 완만한 수문화학적 응답과 빈약한 배수유역을 나타낸다. 이는 토양이 내침식성이거나 투수성이 높고 기복이 심한 지역에서 관찰된다.

#### 2.6 수계빈도

수계빈도(F)는 단위면적에 대한 하천의 수로 정의된다.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{A_k} \quad (4)$$

여기서  $N_i$ 는 차수  $i$ 인 하천의 수,  $\sum_{i=1}^n N_i$ 는 차수  $k$ 인

유역내의 모든 차수의 총하천의 수이고  $A_k$ 는 차수  $k$ 인 유역의 총면적이다.

#### 2.7 유역형상계수

$$K_f = \frac{A}{L_c^2} \quad (5)$$

여기서  $K_f$ 는 형상계수( $K_f < 1$ ),  $A$ 는 유역면적( $Km^2$ ),  $L_c$ 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.

### 3. 수문 지형인자 자동 추출

#### 3.1 시스템 구성

본 연구에서 사용된 H/W와 S/W로는 펜티엄 II 266과 ESRI의 ARC/INFO를 사용하였고, 운영체제로는 WINDOW NT 4.0을 이용하였다. 그리고 이 S/W의 프로그래밍 언어인 AML을 사용하여 메뉴조작방식으로 시스템을 구성하여 사용자의 편의를 도모하였다.

그림 1은 수문지형인자 추출시스템의 주요 기능을 나타내고 있다.

#### 3.2 시스템의 주요 기능

##### 3.2.1 DEM 생성

DEM은 GIS에 의한 수문분석에 있어서 기본이 되는 데이터이다. 이 데이터는 등고선, 표고점 등의 데이터를 이용하여 1) 디지털라이징, 2) 투영/변환 3) 위상관계 설정 4) 커버리지 생성 5) TIN 생성 6) DEM 생성의 단계로

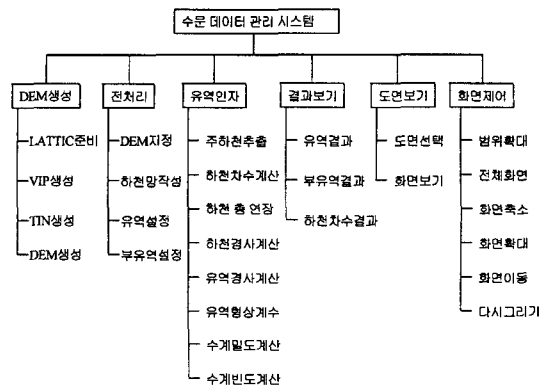


그림 1. 시스템 구성도

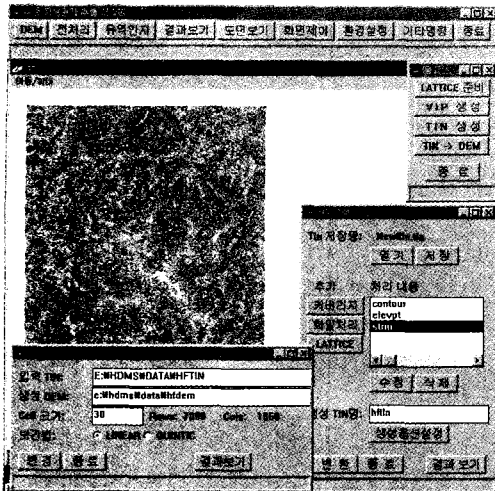


그림 2. DEM 자료 처리 단계

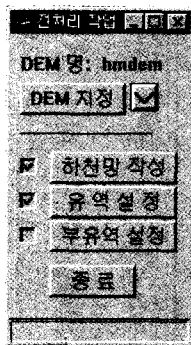


그림 3. 전처리 단계

구축된다. DEM 생성모듈은 이러한 작업을 보다 간편한 그래픽 사용자 인터페이스로 제공하기 위해 프로그램되었다. 그림 2는 DEM생성 처리 메뉴 화면이다. LATTICE 준비, VIP 생성은 TIN 데이터 생성을 위한 전처리 작업으로 등고선 데이터로부터 얻어진다. 이렇게 얻어진 데이터와 등고선, 표고점 데이터를 입력 데이터로 이용하여 TIN을 생성하며, 생성된 TIN 데이터에 의해 DEM 데이터를 생성한다.<sup>13)</sup> DEM의 격자크기는 30 m로 하였다.

### 3.2.2 전처리

수문 지형인자는 유역을 기준으로 추출되는 것으로 이 작업을 하기 위해서는 우선 DEM데이터가 준비되어 있어야 하며 준비된 DEM 데이터로부터 하천망, 유역을 설정하여야 한다. 그림 3은 이런 전처리 작업을 하기 위한 메뉴 화면과 작성된 유역과 하천망도를 나타내고 있다.

DEM지정 모듈은 지정된 DEM 데이터로 흐름 방향

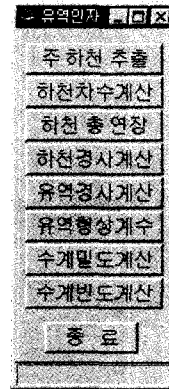


그림 4. 유역인자 자동 추출 관리 메뉴

그리드, 흐름누적 그리드를 생성하도록 하여 하천망 추출 및 지형인자 추출에 기본 데이터로 제공하도록 하였다. 하천망 작성은 흐름누적 그리드로부터 특정 임계값을 입력받아 하천망을 작성하도록 하였다. 유역설정은 작성된 수계망내의 유출구 지점을 지정하도록 하여 유출구를 기점으로 포함되어 있는 유역을 형성하도록 하였다.

### 3.2.2 유역인자 추출

유역 지형인자는 전처리에서 생성된 하천망과 흐름누적 그리드, 흐름방향 그리드 및 유역 그리드에 의해 생성되거나 계산되며, 이 시스템에서는 업무분석단계에서 조사된 주하천 길이, 하천차수, 하천연장, 하천경사, 유역경사, 유역형상 계수, 수계밀도, 수계빈도를 추출하였다. 그림 4는 유역인자 추출을 위한 메뉴 화면이다.

#### 1) 주하천 추출

주하천 추출은 유역내의 가장 긴 하천 흐름을 설정하는 것이다. 그리드는 유출구에서 가장 먼 곳의 그리드에서 각 그리드까지의 거리 측정 또는 유출구에서 모든 그리드 셀까지의 거리를 측정할 수 있는 FLOWLENGTH 명령어를 제공한다. 이것은 가장 긴 하천 흐름을 제공하는 것은 아니다. 가장 긴 하천 흐름을 직접적으로 구하는 명령은 없다. 상향흐름과 하향흐름 그리드의 합은 가장 긴 흐름 길이를 갖는 그리드(주 하천 그리드) 셀을 만든다. 이 두 하천 그리드 셀이외의 셀들은 최대 길이보다 작은 값을 갖게 되므로 최대 길이 값을 추출하는 조건문을 만들어 주하천 그리드를 추출할 수 있다. 그림 5는 주 하천 추출 처리과정을 나타낸 것이다.

#### 2) 하천차수의 계산

하천차수는 Horton-Strahler방법에 의하여 작성하였으

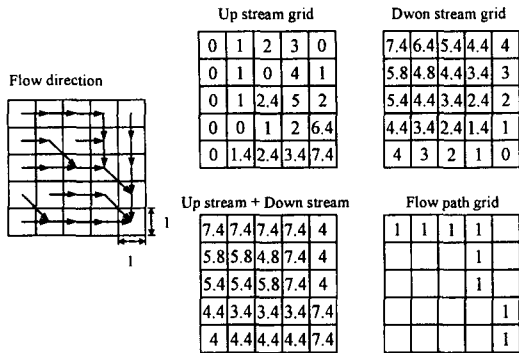


그림 5. 주하천 추출 방법

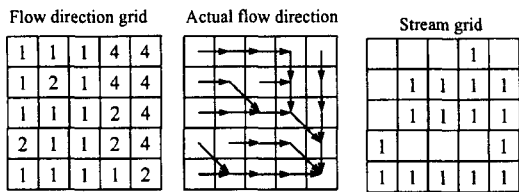


그림 6. 하천차수 추출 방법

며, 그림 6은 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 하위차수 하천이 연결되어 있으면 각각 다른 하천 개수로 계산하기 때문에 실제 하천 차수 개수보다 더 많은 개수의 하천이 계산된다. 이것을 해결하기 위해서 각각의 하천차수별 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 할 수 있다. 그림 7은 차수별 하천개수와 길이 산정 처리과정을 나타낸 것이다. 차수별 면적을 산정하기 위해서는 각 차수별

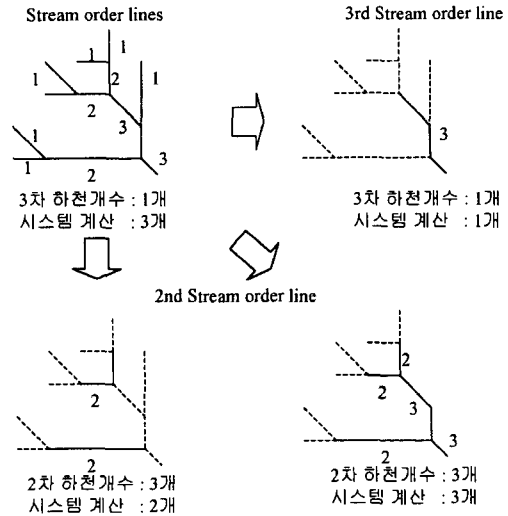


그림 7. 차수별 하천개수 산정

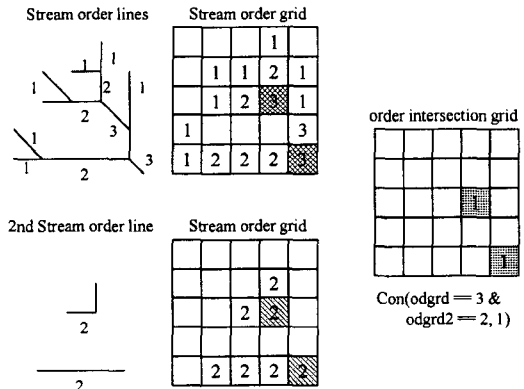


그림 8. 차수별 교차점 설정

하천이 만나는 지점을 확인하여야 한다. 차수별 교차점이 확인되면 교차점 그리드를 생성하여 유역설정 모듈과 같은 방법으로 차수별 면적을 계산한다. 그림 8은 차수별 교차점 확인 방법을 나타낸 것이다.

### 3) 하천의 총연장 계산

하천 총연장은 전처리에서 작성된 하천망 커버리지로부터 Arc/Info의 통계 모듈인 통계 함수를 사용하여 하천망 길이의 합을 계산하였다. 계산된 하천망 길이의 합은 유역 커버리지 테이블에 결과값으로 저장하였다.

### 4) 하천경사 계산

하천 경사는 2.2절의 하천경사 설명 중 S1의 하천경사를 구하도록 하였다. 이것은 위에서 구해진 주하천의 길이중 최고지점과 최저지점을 각각 확인하여 상하 흐름에

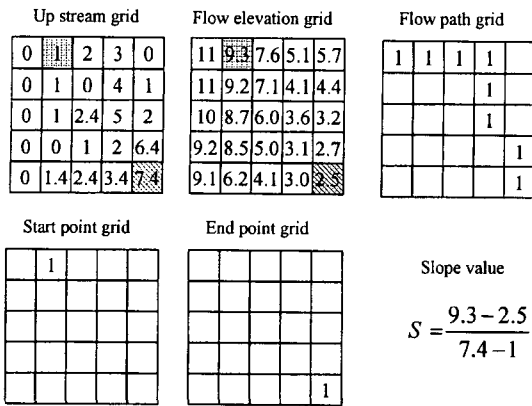


그림 9. 하천경사 계산

의한 각각의 길이값을 추출하였다. DEM자료로부터 확인된 각 지점의 높이값을 추출하여 높이대 길이의 비로 하천경사를 계산하였다.

5) 유역경사 계산

유역경사는 DEM 자료로부터 SLOPE 그리드 함수를 이용하여 경사 그리드를 생성하였다. 생성된 경사 그리드는 전처리에서 작성된 유역 그리드로 유역 범위의 경사 그리드를 추출하였다. 추출된 유역 경사 그리드로부터 최소, 최대, 평균 경사값을 확인하여 유역 커버리지의 결과저장 테이블로 결과 값을 저장하였다.

6) 유역형상계수 계산

유역형상계수는 유역면적과 가장 긴 하천길이 제곱의 비로 나타내므로 유역면적은 전처리에서 설정된 유역으로부터 면적을 확인하며, 주하천 추출에서 계산된 주하천 길이값을 이용하여 계산하였다. 계산된 값은 유역 커버리지의 결과값 저장 테이블에 저장하였다.

7) 수계밀도 계산

수계밀도는 하천 총 길이와 하천유역 면적의 비로 나타내므로 통계 모듈로 계산된 하천 총 길이와 전처리에서 설정된 유역으로부터 면적을 확인하여 계산하였다. 계산된 값은 유역 커버리지의 결과값 저장 테이블에 저장하였다.

8) 수계빈도 계산

수계빈도는 하천 총 개수와 유역면적의 비로 나타낸다. 하천 총 개수는 차수별 계산 결과 저장테이블(ODL, OUT)로부터 각 차수별 개수 값을 확인하여 총 개수 값을 계산하였다. 계산된 값은 유역 커버리지의 결과값 저장 테이블에 저장하였다.

## 4. 적용 및 분석

### 4.1 전처리 작업

전처리 작업을 하기위해서 이전에 생성한 DEM 자료를 지정하여 하천망을 생성하고 대상지역 중 상안미 유역에 대한 유출점을 지정하여 유역을 작성하였으며, 유역을 네 개의 부유역으로 구분하여 부유역 커버리지를 작성하였다. 하천망은 DEM 자료에서 생성된 흐름누적 그리드에 흐름누적 임계값을 지정하여 작성한다. 이 흐름누적 임계값은 표 2와 같은 회귀식에 의해 결정된 임계값을 사용하여 전처리 작업을 하였다.

그림 10은 전처리 작업에서 작성된 하천망과 유역을 나타낸 것이다.

표 1. 흐름누적 임계값에 의한 하천 연장(Km)

임계값	방림	하반정	상안미	백옥포	장평	이목정
100	1157.744	178.351	842.022	308.001	229.349	123.064
150	949.647	147.854	689.079	246.887	190.365	100.706
200	817.522	129.347	591.431	211.448	164.104	86.756
250	724.497	114.848	525.303	187.462	145.337	78.850
300	660.296	105.37	480.436	171.317	132.261	69.326
350	611.119	97.041	447.902	161.173	121.719	63.776
400	574.191	89.860	422.261	152.035	113.293	59.814
450	540.478	84.839	397.708	143.679	104.706	55.997
500	514.299	80.582	379.355	136.626	100.786	54.224



그림 10. 전처리 결과

표 2. 임계값 결정을 위한 회귀분석식

유역	회귀방정식	상관 계수	임계값 (개)
방 립	$\ln(Y) = -0.508160 \times \ln(X) + 9.39612$	0.999	260
하반정	$\ln(Y) = -0.498229 \times \ln(X) + 7.49046$	0.999	194
상안미	$\ln(Y) = -0.497503 \times \ln(X) + 9.02194$	0.999	313
백옥포	$\ln(Y) = -0.501578 \times \ln(X) + 8.02191$	0.997	464
장 평	$\ln(Y) = -0.520684 \times \ln(X) + 7.84904$	0.998	471
이목정	$\ln(Y) = -0.517691 \times \ln(X) + 7.20225$	0.998	510

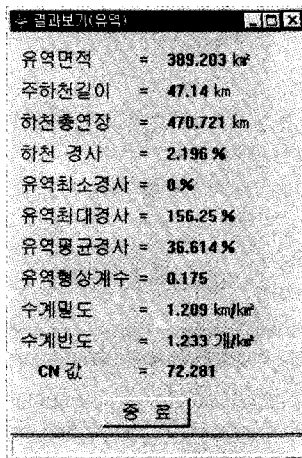


그림 11. 적용결과 확인

이 시스템에 추출된 수문자료의 비교를 위해 평창강유역의 수위관측소를 기준으로 임계값을 결정하여 비교하였다. 비교 자료로는 건설기술연구원의 1991년 12월에 보고된 평창강유역의 수문특성조사<sup>14)</sup> 보고서의 정보를 이용하였다. 표 1은 흐름누적 임계값에 따른 각 지점의 하천 총 길이를 산출한 것이다. 이 자료로부터 회귀분석을 실행하여 흐름누적 임계값을 결정하는 회귀방정식을 표 2에 나타내었다.

#### 4.2 수문지형인자 추출

설정된 유역에 대한 수문 지형인자인 주하천 길이, 하천차수, 하천 총연장, 하천경사, 유역경사, 유역형상계수, 수계밀도, 수계반도를 계산하여 유역 저장 테이블에 저장하였다.

적용 지역의 수문 지형인자 결과값은 그림 11에 나타낸 것과 같다.

주하천 추출결과치는 그림 12에 나타낸 것과 같다.

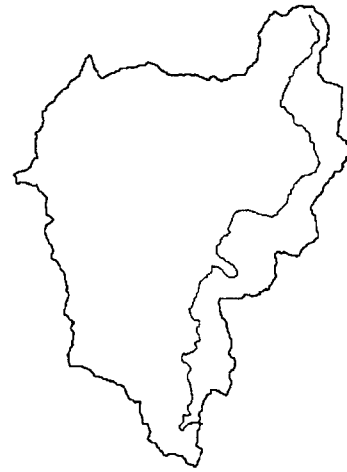


그림 12. 주 하천 추출 결과

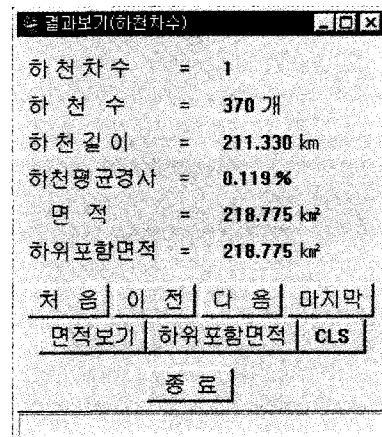


그림 13. 하천차수별 결과값 메뉴

그림 13은 적용지역의 하천차수별 결과값을 나타내는 메뉴이며, 그림 14는 추출된 차수별 하천도면을 나타낸 것이다.

위와 같은 과정으로 평창강 유역의 각 수위관측소별 유역을 적용하여 한국건설기술연구원에서 보고한 평창강 유역의 수문특성조사 자료<sup>14)</sup>와 비교하여 표 3에 나타내었다.

건기연 보고서와 시스템에서 계산된 각 유역별 면적에 대한 차이는 각각 0.17%, 6.98%, 0.85%, 0.11%, 0.68%, 1.71%로 평균 1.75%의 오차를 나타내었다. 유역설정은 각 유역의 유출점의 위치에 따라 면적의 차이가 발생하는 것으로 각 유역으로 설정된 수위관측소의 지도상 좌

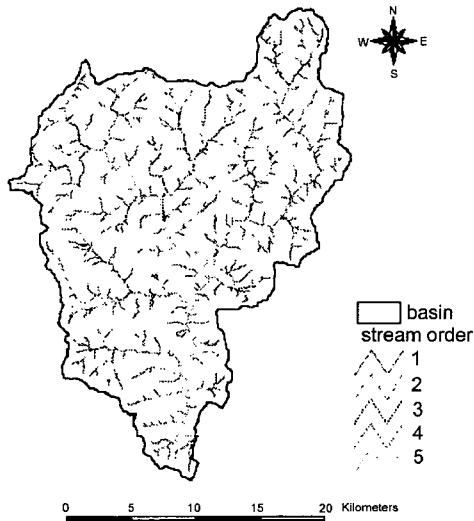


그림 14. 차수별 하천망

표를 정확히 확인하여야 하며, 유출점은 시스템에서 작성된 하천망 위에 존재해야 한다. 시스템상의 하천망은 그리드 크기에 의해 지형도의 하천망과 약간의 위치차이를 발생하게 된다. 위의 오차는 그로 인한 오차에 의하여 발생된 것으로 판단된다.

유로연장의 경우 7.07%, 12.76%, 6.65%, 9.10%, 3.20%, 0.94%로 평균 6.62%의 오차를 나타내었다. 또한 총하천길이는 0.23%, 1.04%, 0.82%, 1.07%, 0.94%, 1.17%로 평균 0.88%의 오차를 나타내고 있다. 하천길이는 흐름누적 임계값에 의해 결정되는 것으로 이 임계값은 각 유역별 총 하천길이에 의한 회귀식을 구하고 실제 총하천의 길이에 의해 결정하게 된다. 임계값은 정수로 지정되는 것으로 회귀식에 의해 결정된 값은 대부분 소수점 처리를 행하게 된다. 위의 오차는 임계값 결정시 발생하는 약간의 차이로 인해 발생된 것으로 판단된다.

표 3. 수위 관측소별 유역결과

구분		방림	하반정	상안미	백옥포	장평	이목정	평균
면적(Km <sup>2</sup> )	KICT	527.830	85.87	386.120	143.930	104.220	55.770	217.29
	SYSTEM	526.937	79.87	389.409	143.771	104.932	56.725	216.94
	오차	-0.893	-6.00	3.289	-0.159	0.712	0.955	-0.35
	정도	0.17%	6.98%	0.85%	0.11%	0.68%	1.71%	1.75%
유로연장(Km)	KICT	51.85	19.300	44.200	22.950	25.950	16.550	30.13
	SYSTEM	55.52	16.836	47.140	25.038	25.120	16.707	31.06
	오차	3.67	-2.464	2.94	2.088	-0.83	0.157	0.92
	정도	7.07%	12.76%	6.65%	9.10%	3.20%	0.94%	6.62%
하천연장(Km)	KICT	712.770	129.820	474.510	140.030	103.950	53.250	269.05
	SYSTEM	711.139	131.168	470.596	141.526	102.969	53.874	268.54
	오차	-1.631	1.348	-3.914	1.496	-0.981	0.624	-0.51
	정도	0.23%	1.04%	0.82%	1.07%	0.94%	1.17%	0.88%
형상계수	KICT	0.196	0.231	0.198	0.273	0.155	0.204	0.209
	SYSTEM	0.171	0.282	0.175	0.229	0.166	0.203	0.204
	오차	-0.025	0.051	-0.023	-0.044	0.011	-0.001	-0.005
	정도	12.75%	22.07%	11.62%	16.11%	7.10%	0.49%	11.69%
하천밀도	KICT	1.350	1.512	1.229	0.973	0.997	0.955	1.169
	SYSTEM	1.347	1.642	1.208	0.984	0.981	0.950	1.185
	오차	-0.003	0.13	-0.021	0.011	-0.016	-0.005	0.016
	정도	0.22%	8.60%	1.71%	1.13%	1.60%	0.52%	2.30%

\*KICT : 한국건설기술연구원의 수문특성 결과값.

\*SYSTEM : 1/50,000 지형도로부터 이 연구에서 개발된 시스템을 통하여 얻어진 결과값.

\*정도의 평균은 각 값의 절대값의 평균치.



하천형상계수는 12.7%, 22.07%, 11.62%, 16.11%, 7.10%, 0.49%로 평균 11.69%과 하천밀도는 0.22%, 8.60%, 1.71%, 1.13%, 1.60%, 0.52%로 평균 2.30%의 오차를 나타내고 있다. 형상계수와 하천밀도는 하천길이와 유역면적으로 결정되는 것이다. 정도의 차이는 다소 발생하지만 실제 값의 비교를 보면 거의 유사하게 나타나는 것을 알 수 있다.

## 5. 결 론

이 연구는 수문 지형인자에 대한 정보를 지형 데이터로부터 추출하기 위해 GIS를 이용한 대화식 수문 지형인자 추출시스템을 개발한 것이다. 이 프로그램은 DEM 데이터로부터 GIS의 그리드 분석으로 수문 지형인자를 추출하도록 한 것으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수문 지형인자 추출시스템은 이전에 개별적으로 계산되던 유역경계, 면적, 하천 흐름, 하천차수, 하천경사, 유역경사 등을 추출할 수 있는 기능과 유역의 특성을 규정할 수 있는 유역형상계수, 수계밀도, 수계빈도를 결정할 수 있도록 하였으며, 기존에 수작업으로 이루어지던 차수별 개수, 길이, 면적에 대한 계산 방법을 그리드 기법에 의해 개발하여 자동화 하였다.

2. 실험대상지역의 수문 지형인자에 대하여 건설기술 연구원의 자료와 이 연구에서 얻은 수문 지형자료 관리 시스템 분석 결과를 비교하여 발생한 오차의 주원인은 그리드 크기에 의해 지형도의 하천망과 약간의 위치오차에 의해 발생하는 것으로 판단되며, 입력자료(즉, DEM 자료)의 정확성이 보장된다면 보다 정확한 값을 나타낼 수 있다.

3. 수문 지형인자 추출시스템은 수문분석 프로그램을 좀더 효율적으로 사용할 수 있도록 도와주는 지원시스템으로 수문분석용 프로그램에서 요구하는 수문지형자료를 손쉽게 이용할 수 있도록 개발하였다.

## 감사의 글

본 논문은 1999년 한국측량학회의 연구비에 의하여 연구되었음.

## 참고문헌

1. 함창학, "지형정보시스템을 이용한 수문지형정보 추출에 관한 기초적 연구", 충북대학교 토목공학과 박사학위 논문, pp. 1-2, 1996.
2. Peter Neil Hynd Smith, M.S.E., "Hydrologic Data Development System", The University of Texas at Austin, pp. 1-2 1995.
3. 김연준, "지형공간정보체계를 이용한 유역분석", 강원대학교 토목공학과 박사학위 논문, pp. 2-3, 1999.
4. 박영일, "수치지형모형으로부터 유역의 하천형태학적 특성인자 추출에 관한 연구", 강원대학교 석사학위논문, pp. 56-57, 1995.
5. 천기선, "수치표고모형에 의한 유역에서의 지형인자 분석", 강원대학교 석사학위논문, pp. 1-2, 1999.
6. 양인태, 김연준, "수문해석을 위한 DEM에 의한 지형의 경사도분석에서 격자 크기의 영향" 한국측지학회지, 제 15 권, 제 2 호, pp. 221-230, 1997.
7. ESRI ARC/INFO, "Understanding GIS - The Arc/Info method", Environmental Systems Research Institute, Redlands, 1994.
8. ESRI ARC/INFO, "Arc Macro language", Environmental Systems Research Institute, Redlands, 1997.
9. 윤태훈, "응용수문학", 청문각, pp. 21-36, 1997.
10. 이원환, "수문학", 문운당, pp. 109-123, 1989.
11. 윤용남, "공업수문학", 청문각, pp. 128-135, 1994.
12. ESRI ARC/INFO, "User's Guide, Cell-based Modeling with GRID", Environmental Systems Research Institute, Redlands, 1997.
13. ESRI ARC/INFO, "User's Guide, Surface Modeling with TIN", Environmental Systems Research Institute, Redlands, 1997.
14. 한국건설기술연구원, "평창강유역의 수문특성조사", 건기연 91-WR-111, pp. 4-11, 1991. 12.