

GSIS를 이용한 수문모형 입력매개변수 추출에 관한 연구

A Study on the extraction of hydrologic-Model input parameter using GSIS

이근상* 채효석** 박정남*** 조기성****
 Lee, Geung Sang Chae, Hyo Seok Park, Jeong Nam Cho, Gi Sung

要 旨

수자원의 효율적인 관리를 위해서는 유역에 대한 정확한 지형특성 및 수문매개변수를 추출해야 한다. 하지만, 아직까지 수문분야에서 이와 관련된 자료들이 수작업이나 간단한 연산에 의해 처리되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 GSIS를 활용하여 유역에 대한 지형특성 및 수문관련 매개변수를 추출할 수 있는 알고리즘을 제시함으로써 자료처리 시간의 절감 및 수문자료에 대한 신뢰성을 높일 수 있었다. 그리고, 추출한 매개변수를 HEC-HMS 수문모형의 입력매개변수로 활용함으로써 GSIS와 수문모형과의 연계방향을 제시하였다. 유역별 지형특성 및 수문관련 매개변수추출 과정은, 먼저 DEM 자료로부터 유역 및 하천을 추출하였고, 토지피복도와 토양도를 중첩하여 유출곡선번호(CN)를 추출하였다. 또한 유역과 하천에 격자 연산을 수행하여 최장수로 길이 및 경사와 같은 지형 매개변수를 추출하였다. 그리고 추출한 지형 매개변수와 평균 곡선번호와의 연산과정을 통해 Muskingum K와 소유역 지체시간과 같은 수문관련 매개변수를 추출할 수 있는 기법을 제시하였다.

ABSTRACT

It needs to extract the accurate topological characteristics and hydrological parameters of watershed in order to manage water resource efficiently. But, these data are processed yet by manual work and simple operation in hydrologic fields. In this paper, we presented algorithm that could extract topological characteristics and hydrological parameters over watershed using GSIS and it gives the saving of data processing time and the confidency of data. We presented coupling method between GSIS and hydrologic model by using extracted parameters into the input parameter of HEC-HMS hydrologic model. The extraction procedure of topological characteristics and hydrological parameters is as below. First, watershed and stream are extracted by DEM and curve number is extracted throughout the overlay of landuse map and soil map. Also, we extracted surface parameters like the length of the longest flow path and the slope of the longest flow path by Grid computation into watershed and stream. And we gave the method that could extract hydrologic parameters like Muskingum K and sub-basin lag time by executing computation into surface parameters and average SCS curve number being extracted.

1. 서 론

최근 급속한 산업발달과 인구의 증가 및 도시집중 현상으로 인하여 인간이 접하고 있는 자연환경이 크게 위협받고 있으며, 특히 수자원의 양과 오염이 심각한 문제로 대두되고 있다. 수자원의 효율적인 관리

를 위해서는 유역에 대한 지형적, 수문학적 매개변수들을 정확하게 파악해야만 한다.

기존의 연구에서는 유역에 대한 지형특성 및 수문학적 매개변수를 도면이나 실제 관측 등을 통해 수작업 및 간단한 연산으로 추출하였으나, 이는 자료에 대한 신뢰성을 저하시킬 뿐만 아니라 많은 물적 인적

* 전북대학교 공과대학 토목공학과 박사과정

** 한국수자원공사 수자원연구소 연구원

*** 순천제일대학 토목과 조교수

**** 전북대학교 공과대학 토목환경공학부 부교수, 전북대학교 공업기술연구소 연구원

자원낭비와 함께 시간측면에서도 매우 비효율적인 결과를 초래하였다.1)

본 연구는 유역의 지형적 특성과 환경 및 수문학적 매개변수들을 최근 부각되고 있는 GIS를 이용하여 효율적으로 추출하는 과정 및 추출된 매개변수를 HEC-HMS 수문모형의 입력파일로 활용하는 방안을 제시하고자 한다. HEC-HMS는 HEC-1의 윈도우 버전으로 유역에 대한 강우-유출분석에 용이하며 GUI(Graphic User Interface)를 지원하므로 사용자가 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있어 최근 많이 사용하는 프로그램이다.2) GIS를 이용한 분석의 경우 위성으로부터 얻어진 DEM과 간단한 입력자료를 이용하여 유역의 지형적 특성과 환경 및 수문학적 특성들을 정확하고 신속하게 추출할 수 있으며, 추출된 정보에 대한 연산을 통해 보다 복잡한 매개변수를 생성하게 된다.3)

따라서 본 연구를 수행하여 추출한 매개변수를 수문모형의 입력자료로 활용함으로써 보다 정확한 수문 예측이 가능하도록 기초자료를 제공하는데 본 연구의 목적이 있다.

2. 이론적 고찰

2.1 유출곡선번호(CN)에 의한 직접유출 산정

미국토양보전국(Soil Conservation Service ; SCS)은 유역의 토양특성과 지면피복상태에 관한 자료만을 이용해서 총 강우량으로부터 초과 강우량을 구할 수 있는 유출곡선번호기법을 개발했다. 일반적인 관계식은,

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (2.1)$$

이며, 여기서 $I_a = 0.2S$ 가 된다.

P : 총강우량, Q : 직접유출,
 I_a : 초기손실, S : 최대잠재보류수량

$I_a = 0.2S$ 로부터 식 (2.1)은,

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (2.2)$$

이 된다.

즉 최대잠재보류수량(S)만 알면, 유역에 대한 직접 유출을 파악할 수 있다. 유출곡선번호(CN)는 유역의 수문학적 토양형, 토지피복과 처리상태 및 선행토양 함수조건의 함수이며 한 유역의 유출능력을 나타내는 무차원수로서 최대잠재보류수량 S 와의 관계는 식 (2.3)과 같이 나타낼 수 있다.4)

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254, \text{ if } S < (P - Q) \quad (2.3)$$

2.2 유출곡선번호(CN) 결정

한 유역에 내린 총강우량 중 직접유출은 유역의 토양 특성에 좌우된다. 미국토양보전국은 토양의 유출 특성을 결정하는 기후, 경사, 생물학적 활동, 구성물질 등과 같은 인자들의 영향을 반영하는 토양형과 토지피복을 고려하여 침투능의 서술적인 지수로서 토양을 A, B, C, D의 4개 수문학적 토양군으로 분류하였다.

수문학적 토양군과 함께 지면피복상태를 나타내는 토지피복 상태를 알면 이에 대한 유출곡선번호(CN)를 구할 수 있다.

표 2.1 수문학적 토양군

토양군	토양성질
A	낮은 유출율, 깊은 자갈층으로 높은 침투율, 배수매우 양호
B	비교적 낮은 유출율, 사질토로서 대체로 높은 침투율, 배수 대체로 양호
C	비교적 높은 유출율, 대부분 점토질 풀로 이드로 낮은 침투율, 배수 대체로 불량
D	높은 유출율, 점토질 토양으로서 거의 불투수성이고 낮은 침투율, 배수 매우 불량

그러나, 유출곡선번호(CN)는 토양의 수분상태가 건조하거나 습하지 않은 중간의 평균상태이므로 강우이전 토양의 수분상태(건조 혹은 습윤)에 따라 CN을 조정할 필요가 있다.

평균수분상태인 AMC-II의 조건에 대한 CN을 결정 후 건조상태 AMC-I과 습윤상태 AMC-III에 대한 CN은 식(2.5)에 의하여 구한다.5)

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad (2.4)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

2.3 Muskingum 하도 추적법

Muskingum 방법은 1930년 미국 Ohio주의 Muskingum강 유역의 홍수방어 수단의 설계를 위하여 개발된 이래 가장 보편적으로 사용된 수문학적 하도추적 방법이다. 하도의 저류량은 일반적으로 유입량과 유출량의 함수이다. 일반적으로 하도에서의 저류량은 수문곡선의 상승부와 하강부에 따라 일직선이 아닌 루프(loop)의 형태를 띠게 된다.

홍수와 전달시 하천의 종단면이 그림 2.1과 같을 때 자연하천의 저류가 하상과 평행을 이루는 태형저류부분과 수면의 상승 및 하강시에 발생하는 췌기저류부분으로 구성된다. Muskingum 방법에서 저류량은 유입량과 유출량의 선형함수이고 췌기저류량과 태형저류량의 합으로 주어진다. 태형저류량은 KO이고 췌기저류량은 KX(I-O)이다. 따라서 총저류량은 두 성분의 합이다. (S : 저류량, I : 유입량, O : 유출량,

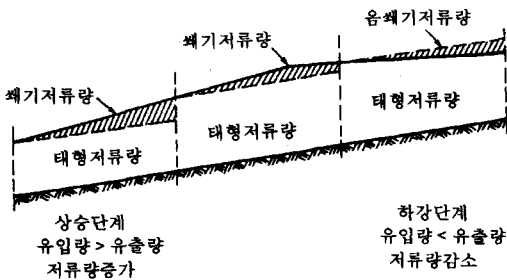


그림 2.1 태형 및 췌기 저류량

K : 저류상수, X:가중계수)

즉, Muskingum 하도추적법에서의 매개변수는 저류상수 K와 가중계수 X라고 할 수 있으며 이들의 산정 방법은 다음과 같다.6)

2.3.1 저류상수(storage coefficient) K

저류상수 K는 저류량과 가중유량과의 비를 나타내는 상수로서 시간단위를 갖는다. 과거의 유입수문곡선과 유출수문곡선의 자료를 구할 수 있는 유역에 대해서는 도해법에 의한 시산법을 이용한다.

그림 2.2에 나타낸 바와 같이 X의 값을 0~0.5사이의 값으로 변화시켜가며 저류량 S와 $[XI + (1-X)O]$ 의 관계를 도시하면 상승시의 저류량과 하강시의 저류량이 루프형태로 나타나다가 어느 X값에 대해서 직선 형태에 가까운 X값을 찾을 수 있다.

이때의 X값이 구하고자 하는 가중계수이며, $S = K[XI + (1-X)O]$ 에서 $K = \frac{S}{[XI + (1-X)O]}$ 이므로 직선의 기울기가 K가 된다.

기존의 유량자료를 구할 수 없는 유역에 대해서는 경험식으로 K와 하천구간을 통하여 홍수파의 유하시간이 같다고 보고 계산하게 된다. 즉 그림 2.3에서 보는 바와 같이 유입수문곡선의 중심에서 유출수문곡선의 중심까지 이르는 시간이 K가 된다.7)

2.3.2 가중계수(weighting factor) X의 산정

가중계수 X는 유입량과 유출량의 가중치를 나타내

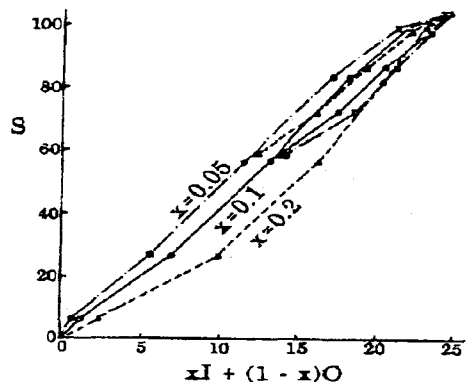


그림 2.2 저류상수와 가중계수의 결정

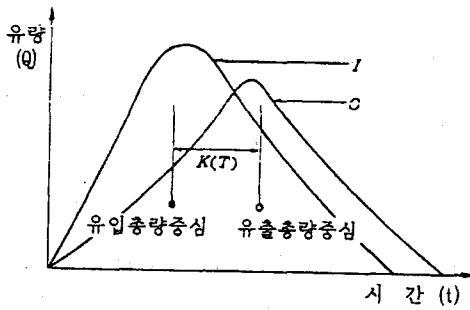


그림 2.3 홍수파의 유하시간과 저류상수 K

는 계수이다. 유역의 특성과 관계가 있으며 X는 0~1.0사이의 값을 갖는다. 그러나 실제 자연하천에서는 0~0.5사이의 값을 가지게 되며 특히 저수지의 경우 저류량이 단지 유출량에만 의존하기 때문에 유입량의 영향을 받지 않는다. 따라서 X는 0이 되며 저류량 $S = KO$ 로 되어 유출량만의 함수가 된다. 자연하천에서 홍수파의 형태가 변화 없이 단순히 평행 이동하는 경우에는 유입량과 유출량의 가중치가 동일하게 적용되므로 X는 0.5의 값을 가지게 된다. 그러나 실제로는 0.2~0.3의 값에 접근하는 경우가 대부분이다.6)

3. 수문매개변수 추출 알고리즘

HEC-HMS 수문모형의 입력매개변수 추출 알고리즘은 격자기반 지형분석과 네트워크 정의, 수문요소들의 벡터화, 유역 매개변수의 계산, 하천 매개변수의 계산 그리고 HMS basin 파일 생성과 같은 5단계로 구성된다.

3.1 격자기반 지형분석과 네트워크 정의(2,8,9)

3.1.1 흐름방향 계산 과정

수문학적 시스템을 정의하기 위해 필요한 위상분석에는 DEM 자료가 필요하다. GIS함수인 flowdirection을 수행함으로써 가장 급한 경사방향의 하류셀이 각각의 지형셀에 대해 정의되며 그 결과 각각의 셀에서 유출구까지 단일 경로가 결정된다. 이러한 과정들은 가지를 뺀 모양의 셀-네트워크를 생성하며 유역

흐름 시스템의 경로를 나타낸다. 그러나, 흐름방향 계산이 각각의 셀을 둘러싸고 있는 인접셀보다 낮은 셀에 대해서는 결정하지 못하기 때문에, flowdirection 함수를 수행하기 앞서 지형의 함몰을 보간하는 filling 과정이 필요하다.

3.1.2 흐름누적 계산 과정

흐름누적을 계산하기 위한 flowaccumulation 함수는 각각의 셀에 유입되는 상류방향의 셀수를 계산하게 되며, 셀 면적을 곱하면 유역면적과 동일하게 된다. 그림 3.1은 흐름방향과 흐름누적 계산을 위해 flowdirection과 flowaccumulation 함수들이 DEM에 어떻게 수행되는지를 보여주고 있다.

3.1.3 하천추출

흐름누적 계산이 완료된 후, 각 셀에 할당된 상류방향의 셀수에 대해 사용자가 경계값을 지정함으로써 하천을 추출하게 된다.

3.1.4 유역추출

하천 네트워크에 기초하여 하천이 모이는 합류점을 찾게 되며, 이러한 합류점은 유역의 유출구로 지정된다. 유출구를 중심으로 경사방향을 역추적하여 유역을 형성하게 된다.

3.2 수문요소들의 벡터화

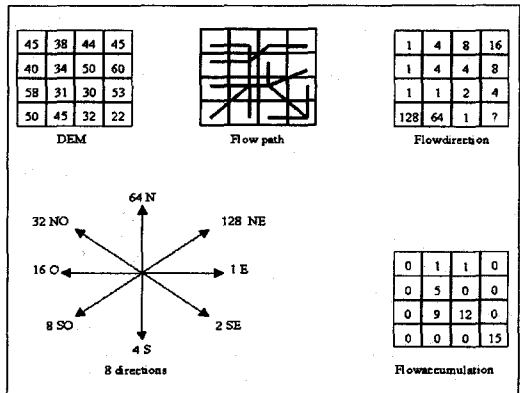


그림 3.1 지형분석을 위한 격자함수

추출된 각각의 유역과 하천은 격자자료이며 유역과 하천에 대한 지형적 수문학적 매개변수들을 입력하기 위해서는 벡터화되어야 한다. 격자를 벡터로 전환하여 하천과 유역에 대한 벡터 도면을 생성하게 된다.

flow length upstream to the watershed boundary)의 합으로 정의된다. 그림 32, 그림 33 그리고 그림 34는 각각 FLWO, FLWB 그리고 최장수로 모형을 나타내고 있다.

3.3 유역 매개변수의 계산

HEC-HMS 수문모형 입력을 위한 유역 매개변수로는 유역면적, 최장수로 길이 및 경사, 평균유출곡선번호 그리고 지체시간이 있다.

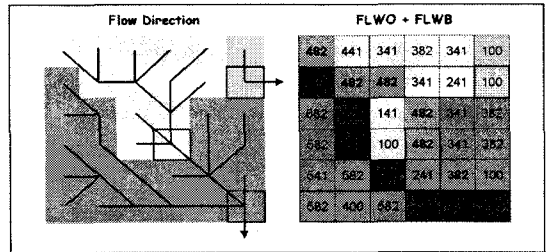


그림 34 최장수로 모형도

3.3.1 유역면적

유역면적은 추출한 격자형의 유역을 벡터화하여 계산하게 된다.

3.3.2 최장수로 길이

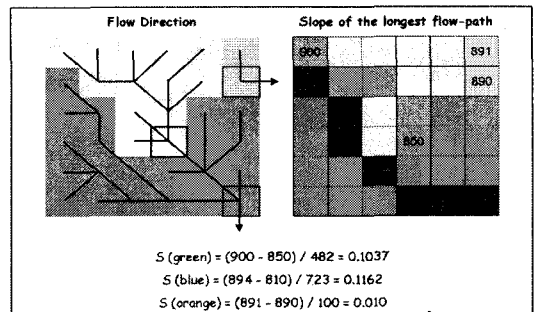


그림 35 최장수로 경사의 모형도

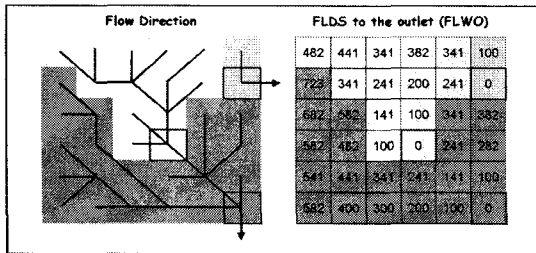


그림 32 FLWO 모형도

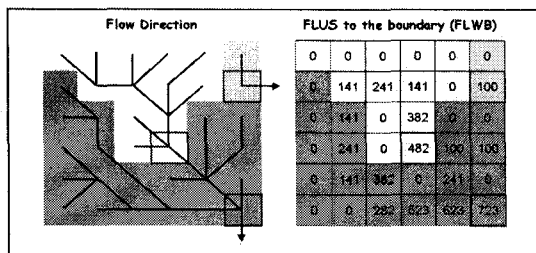


그림 33 FLWB 모형도

최장수로 길이(Longest flow-path)는 유역내에서 유출구까지의 하류경사방향 흐름의 길이인 FLWO (flow length downstream to the watershed outlet)와 유역경계까지의 상류경사방향 흐름의 길이인(FLWB:

3.3.2 최장수로 경사

최장수로 경사(Slope of the longest flow-path)는 최장수로의 두 점 사이의 거리에 대한 표고의 비(比)로 결정되어진다. 또한 사용자가 점들을 임의로 정의할 수 있으며 소유역 유출구로부터 사용자가 정의한 거리까지의 경사가 계산되어지며 단위는 %로서 표현된다. 그림 35는 최장수로 경사의 모형도이다.

3.3.3 유역 평균 유출곡선번호

토양도와 토지피복도를 이용하여 추출한 유출곡선번호를 해당 유역에 적용하여 유역평균 유출곡선번호를 결정하게 된다. 유역 평균 유출곡선번호를 결정하는 식은 아래와 같다.6)

$$\text{유역평균 유출곡선번호} = \frac{\sum A_i \cdot CN_i}{\sum A_i} \quad (3.1)$$

A_i : 토지피복별 면적

CN_i : 토지피복별 유출곡선번호

3.3.4 지체시간

소유역 지체시간은 SCS 공식으로 계산되어지며 식 3.2와 같다.2)

$$t_p = \frac{L_w^{0.8} [(1000/CN) - 9]^{0.7}}{31.67 S^{0.5}} \quad (3.2)$$

t_p : 지체시간(minute)

L_w : 최장수로의 길이(feet)

CN : 유출곡선번호

S : 최장수로의 경사 (%)

3.4 하천 매개변수의 계산

HEC-HMS에 입력되는 하천 매개변수로는 하천의 길이, Muskingum K 및 Pure Lag 시간, Muskingum X 등이 있으며 Muskingum K의 경우 하천이 분류된 쪽으로의 소하천의 수가 추적에 이용되며 Pure Lag의 경우엔 흐름시간이 추적에 이용된다.

3.4.1 하천의 길이

하천길이는 추출된 격자형의 하천자료를 벡터화하여 계산하게 된다.

3.4.2 Pure Lag 시간과 Muskingum K

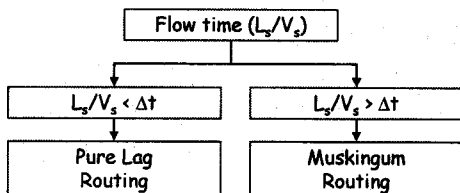


그림 3.6 Pure Lag 시간과 Muskingum K

1) Pure Lag 시간

유역내의 하천흐름시간(L_s/V_s)이 분석시간(Δt)보다 짧을 경우 적용되는 추적기법으로, 식 (3.3)과 같이 계산된다.2)

$$t_{lag} = \frac{L_s}{60 V_s} \quad (3.3)$$

t_{lag} : 하천흐름시간(minute), L_s : 하천길이(m),

V_s : 하천평균속도(m/s)

2) Muskingum K

Muskingum기법은 수치적으로 불완전한 문제는 있지만 대부분의 하천추적에 이용된다. 분석시간(Δt)보다 긴 흐름시간(L_s/V_s)을 갖는 하천에 사용하는 기법으로 식 (3.4)와 같이 계산된다.2)

$$K = \frac{L_s}{3600 V_s} \quad (3.4)$$

K : Muskingum K(hr), L_s : 하천길이(m),

V_s : 하천평균속도(m/s)

3.4.3 소하천의 수

Muskingum기법을 사용시 수치적 불완전을 피하기 위해, 긴 하천들은 동일한 길이를 갖는 소하천으로 분류되며 그들 각각에 대한 흐름시간은 $k/3 < \Delta t < k$ 조건을 만족하게 된다.

k 는 소하천에서의 흐름시간으로 식 (3.5)와 같이 계산된다.

$$k = \frac{K}{n} = \frac{(L/v)}{n} \quad (3.5)$$

K : 하천에서의 흐름시간, n : 소하천의 수

따라서, 소하천의 수(n)는 식 (3.6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{L}{3\Delta t v} < n < \frac{L}{\Delta t v} \quad (3.6)$$

여기에서, n은 적어도 1이 되어야 하기에, Muskingum기법을 만족하기 위해서는 L/v는 Δt보다는 커야 된다. 추가적으로 하천이 여러개의 소하천으로 나누어 질 수 있는 소하천의 최소 수는 식 (3.7)과 같다.)

$$n = \text{int} \left(\frac{L}{3\Delta t v} \right) + 1 \quad (3.7)$$

3.5 HMS basin 파일 생성

전처리 과정이 완료되면, 하천 및 유역이 형성되고 각 유역과 하천에 대한 매개변수들이 추출되게 된다. 추출된 매개변수들은 각각 유역과 하천의 속성 테이블에 저장된다.

속성테이블에 저장된 각각의 매개변수들은 HEC-HMS포맷에 맞도록 Arcview의 AVENUE로 프로그래밍하여 Ascii파일로 저장함으로써 HEC-HMS basin파일을 생성하게 된다.

4. 적용 및 분석

4.1 연구대상지역

연구 대상지로 선정된 곳은 섬진강 상류유역으로 동경 127° 11' ~ 127° 28', 북위 35° 35' ~ 35° 50' 내에 위치하고 있으며, 추출된 유역면적은 292.750 km²로 섬진강 전체유역 면적의 약 5.978%에 해당한다.

그림 4.1은 연구대상지를 나타낸 것이다.

4.2 자료 구축

본 연구를 수행하기 위해 구축한 자료는 표 4.1과 같다.

먼저, 대상지역의 표고와 경사자료를 얻기 위해 DEM을 구축하였고, 토지피복도 추출은 Landsat TM 영상을 이용하였다. 또한 토양도는 1:50,000 개략도

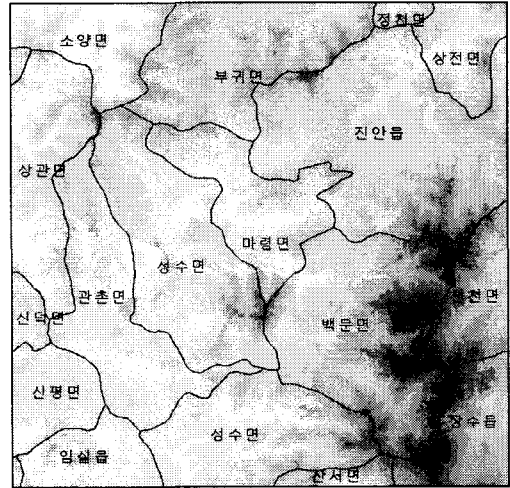


그림 4.1 연구대상지

양도를 이용하였고 수위관측소 위치를 파악하기 위해 1:50,000 지형도와 섬진강 하천정비기본계획을 참고하였다.10)

표 4.1 자료 구축

자료 형태	자료 내용
DEM 자료	U.S.G.S DEM(100m×100m)
토지피복도	Landsat TM 영상(30m×30m)
토 양 도	1:50,000 개략토양도
수위관측소	1:50,000 지형도 섬진강 하천정비기본계획

4.3 하천 및 유역 추출

4.3.1 대상지역의 하천 및 유역 추출

수치표고모델(DEM)로부터 하천 및 유역경계를 추출하는 과정은 그림 4.2와 같다. 본 연구에서는 하천 및 유역 추출을 위해 여러 종류의 경계값을 지정해 보았으며 그 중 가장 일반적인 섬진강 소유역 분류체계를 보인 경계값 3000을 이용하였다.

그림 4.3은 추출한 하천과 유역경계를 보여주고 있으며 우측 상단은 금강수계로서 최종 유역경계에서는

제외된다.

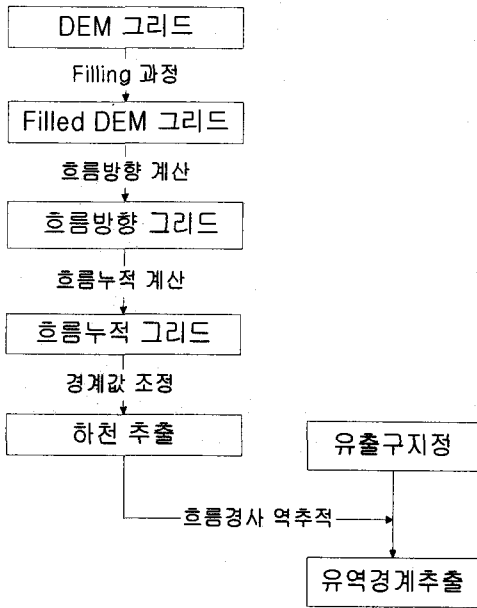


그림 42 하천 및 유역추출 과정

촌 수위 관측소를 유출구로 가정하여, 이곳에 영향을 미치는 유역을 추출하였다. 즉, 그림 43 유역에서 관촌 수위 관측소를 유출구로 하는 새로운 유역을 그림 44와 같이 추출하였다.

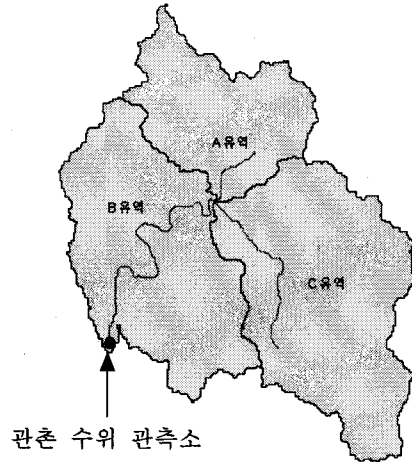


그림 44 최종유역경계

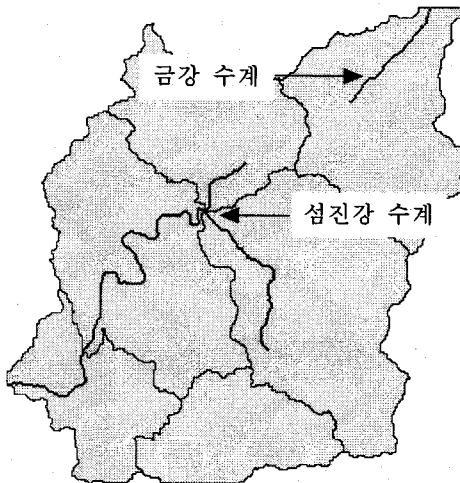


그림 43 하천 및 유역 경계

4.4 SCS 유출곡선번호(CN) 추출

4.4.1 토지피복분포 현황

연구대상지역의 Landsat TM영상에서 영상분류를 수행하여 격자형의 토지피복도를 추출하였다. 표 42는 유역내의 토지피복분포 현황을 셀수와 백분율(%)로 나타낸 것이며, 그림 45는 토지피복도 현황을 보여주고 있다.

표 42 토지피복분포 현황

토지피복	셀수	백분율(%)
water	972	0.30
forest	231,531	72.40
paddy field	20,237	6.31
dry field	57,704	18.02
residential	3,913	1.21
bare soil	5,368	1.68
No data	241	0.08
합 계	319,966	100.00

4.3.2 최종 유역경계 추출

본 연구에서는 임실군 관촌면에 위치하고 있는 관

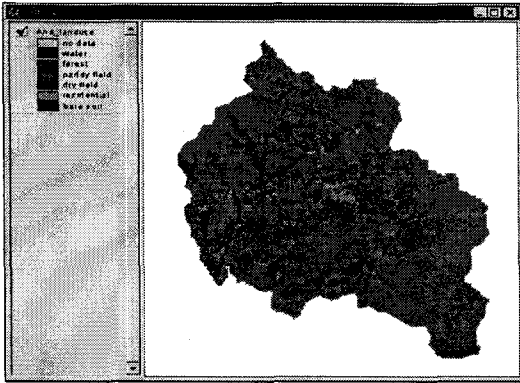


그림 45 토지피복도

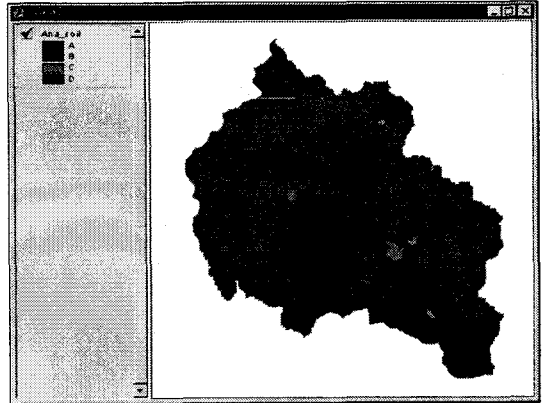


그림 46 SCS 수문학적 토양군 현황도

4.4.2 SCS 수문학적 토양군 분포현황

SCS 수문학적 토양군은 먼저 1 : 50,000 개략 토양도를 디지털화하여 벡터형태의 토양도를 구축한 후, 토양형태에 따라 A, B, C, D로 분류하였다. 분류한 벡터자료 토양도를 격자자료로 변환하여 토양군의 분포현황을 분석하였다. 표 4.3은 대상구역내의 SCS 수문학적 토양군 분포현황을 셀수와 백분율(%)로 나타낸 것이며, 그림4.6은 SCS 수문학적 토양군 현황도를 보여 주고 있다.

표 4.3 SCS 수문학적 토양군 분포현황

토양도	셀수	백분율(%)
A 형	39,976	12.49
B 형	220,461	68.90
C 형	2,144	0.68
D 형	57,385	17.93
합 계	319,966	100.00

4.4.3 유출곡선번호(CN) 추출

그림 47은 유출곡선번호(CN) 추출과정을 나타낸 그림이다.

먼저 Landsat TM에서 추출한 토지피복도와 1 : 50,000 개략 토양도에서 추출한 SCS 토양군 격자자료에 대해 Grid중첩을 수행하였다. 이때 토지피복도와 토양도에 미리 토지피복 형태나 토양형태에 따라 고유코드가 입력되어 있어야 한다. 중첩한 격자자료를 비교·분석하여 토지피복도와 토양도간의 점유면

적 비율을 파악함으로써 유출곡선번호를 추출하였다.

그림 48은 추출된 유출곡선번호 현황도를 나타내고 있다.

4.5 유역 매개변수 추출

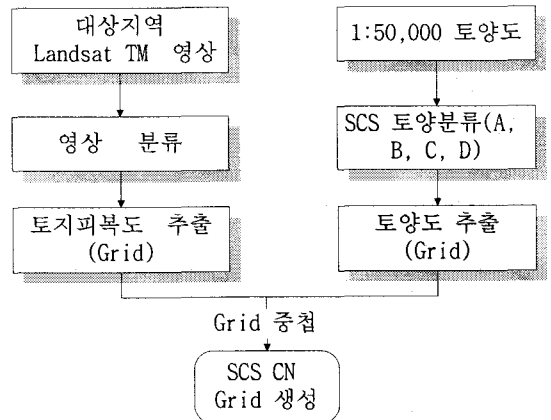


그림 47 유출곡선번호(CN) 추출 과정

표 4.4 유역 면적 (km^2)

유역명	면적 (km^2)	백분율(%)
A 유역	62.260	21.26
B 유역	109.270	37.31
C 유역	121.320	41.43
합 계	292.850	100.00

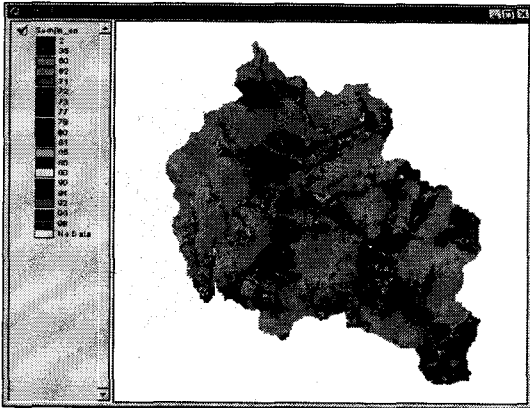


그림 48 유출곡선번호(CN) 현황도

4.5.1 유역면적 (km^2)

대상지역의 유역면적은 DEM에서 추출한 격자형의 유역을 벡터형태로 변환하여 파악하였다. 대상지역의 유역면적은 표 4.4와 같다.

4.5.2 최장수로 길이(km) 및 경사(%)

최장수로의 길이는 그림 4.2에서 그림 4.4까지의 최장수로 모형도를 이용하였고 최장수로의 경사는 그림 4.5의 최장수로 경사 모형도를 이용하여 추출하였다.

추출한 최장수로 길이 및 경사는 표 4.5와 같다.

표 4.5 최장수로 길이(km) 및 경사(%)

유역명	최장수로 길이(km)	경사(%)
A 유역	15.102	1.30
B 유역	20.675	2.28
C 유역	22.469	2.85

4.5.3 유역 평균 유출곡선번호(CN)

4.4.3에서 추출한 유출곡선번호(CN)에 대해 식 (3.1)을 이용하여 유역 평균 유출곡선번호(CN)를 추출하였다. 표 4.6은 추출한 유역 평균 유출곡선번호(CN)이다.

4.5.4 지체시간(minute)

유역별 지체시간(t_p)은 최장수로의 길이와 경사 그

표 4.6 유역 평균 유출곡선번호(CN)

유역명	유역 평균 유출곡선번호(CN)
A 유역	67.4557
B 유역	67.3839
C 유역	59.1659

리고 유역 평균 SCS 수문곡선번호(CN)에 대해 식 (3.2)의 연산을 수행하여 추출할 수 있었다. 이때 Muskingum X는 0.2로 고려하였다.

표 4.7은 추출한 유역별 지체시간(minute)이다.

표 4.7 지체시간(minute)

유역명	지체시간(분)
A 유역	542.1915
B 유역	527.3542
C 유역	622.9523

4.6 하천 매개변수 추출

4.6.1 하천길이(km)

대상지역의 하천길이는 위성 DEM에서 추출한 격자형의 하천을 벡터형태로 변환하여 파악하였다. 표 4.8은 추출한 유역내 하천길이(km)이다.

표 4.8 하천길이(km)

유역명	하천의 길이(km)
A 유역	4.250
B 유역	18.066
C 유역	11.093

4.6.2 Muskingum K(hr)

유역내의 하천흐름시간이 분석시간 간격(1시간)보다 긴 결과, Pure Lag 시간(t_{lag})은 추출하지 않았으며 Muskingum K만을 추출하였다. 추출된 Muskingum K는 표 4.9와 같다.

표 4.9 Muskingum K(hr)

유역명	Muskingum K(hr)
A 유역	1.1807
B 유역	3.0815
C 유역	5.0183

4.6.3 소하천의 수(n)

유역내의 하천이 너무 긴 경우, 추출한 Muskingum K값과 실제 Muskingum K값 사이에 많은 차이가 발생하게 되므로 소하천으로 나누게 된다. 식 (3.7)을 이용하여 추출한 각 유역별 소하천의 수는 표 4.10과 같다.

표 4.10 소하천의 수(n)

유역명	소하천의 수(n)
A 유역	1
B 유역	2
C 유역	2

4.7 HMS basin 파일 생성

```

Subbasin: C 유역
Description: 4
Canvas X: 237334.369
Canvas Y: 243514.331
Label X: 16
Label Y: 0
Area: 121.320
Downstream: 3

LossRate: SCS
Percent Impervious Area: 0.0
Curve Number: 59.1659
Initial Abstraction: 0.000

Transform: SCS
Lag: 622.952300

Baseflow: None
End:

Reach: 하천 1
Description: 3
Canvas X: 231428.359
Canvas Y: 249305.351
From Canvas X: 231543.349
From Canvas Y: 254218.943
Label X: 6
Label Y: 8
Downstream: 3

Route: Muskingum
Muskingum K: 1.1807
Muskingum X: 0.2
Muskingum Steps: 1
End:
    
```

그림 4.9 HMS basin 파일

유역(Sub basin), 분기점(Diversion), 합류점(Junction), 수원(Source), Sink, 하도(Reach)와 같은 유역 및 하천요소들은 추출한 수문 매개변수들과 함께 HMS basin 파일로 저장된다.

그림 4.9는 본 연구에서 생성한 HMS basin 파일로 유역 및 하천요소들과 수문 매개변수를 저장하고 있음을 알 수 있다.

4.8 생성된 HMS basin 파일 불러오기

유역 및 하천요소들과 수문관련 매개변수를 저장하고 있는 HMS basin 파일은 수문모형 프로그램인 HEC-HMS에서 불러올 수 있다.

그림 4.10은 HMS basin파일을 불러왔을 때의 그림을 나타내고 있으며, 그림에서 알 수 있듯이 수문요소들에 따라 여러 가지 심볼로 표현되어 사용자가 쉽

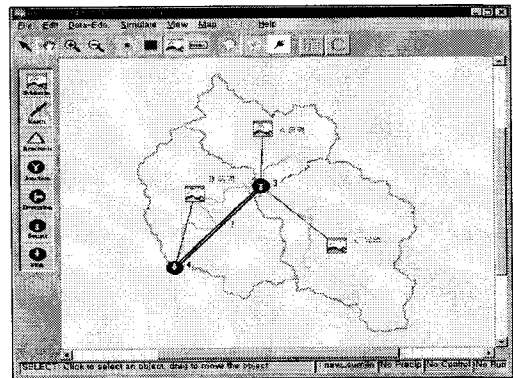


그림 4.10 HMS basin 파일 불러오기

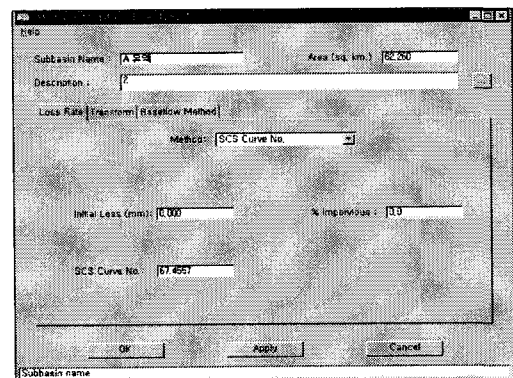


그림 4.11 유역관련 수문 매개변수

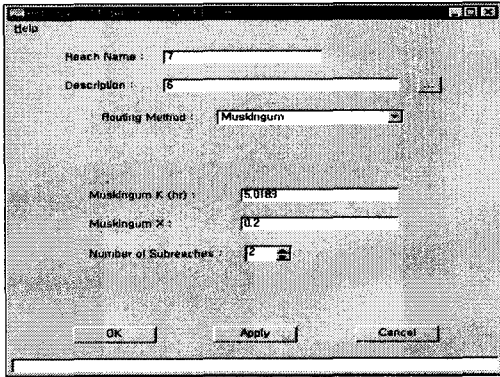


그림 4.12 하천관련 수문 매개변수

계 유역 및 하천의 특성을 파악할 수 있다. 그림 4.11과 그림 4.12는 각각 유역과 하천요소에 대한 수문 매개변수를 나타내고 있다.

5. 결 론

본 연구는 GIS를 이용한 수문모형 입력매개변수 추출에 관한 연구로서 섬진강 상류유역을 연구대상지로 선정하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. DEM자료에 대해 유역추출 알고리즘을 이용하여 유역경계 및 하천을 효과적으로 추출할 수 있는 기법을 제시하였으며, 추출한 유역경계와 하천에 대해 Grid 연산을 수행하여 최장수로 및 유역경사 등과 같은 지형특성 매개변수를 추출할 수 있는 기법을 제시할 수 있었다.
2. 구축한 격자형태의 토지피복도와 토양도에 대해 Grid 중첩을 수행하여 점유면적비율을 분석함으로써 유역평균 유출곡선번호(CN)를 효과적으로 추출할 수 있는 기법을 제시할 수 있었다.
3. 추출한 지형특성 매개변수와 유역평균 유출곡선번호(CN)에 대해 연산을 수행하여 Muskingum K, 지체시간(t_p)과 같은 수문 매개변수를 추출할 수

있었다.

4. 본 연구를 수행하여 추출한 매개변수를 HEC-HMS 수문모형의 입력파일로 활용함으로써 보다 정확한 수문예측을 위한 기초자료로 제공할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 한국수자원공사, "98수자원과 GIS활용", 1998. 3
2. Ferdinand Leberet Hellweger and David Maidment, "A GIS Pre-processor for Lumped Parameter Hydrologic Modeling Program", CRWR Online Report 97-8, 1997
3. 함창학, "GIS를 이용한 수문지형정보추출에 관한 기초적 연구", 충북대학교 대학원 박사논문, 1996. 2
4. Peter Neil, Hynd Smith and David Maidment, "Hydrologic Data Development System", CRWR online Report 95-1, pp.57~75, 1995
5. 전형섭, "GIS를 이용한 비점오염의 원인지역 추출에 관한 연구", 전북대학교 대학원 석사논문, pp. 20~27, 1996. 2
6. 윤태훈, "응용수문학", 청문각, pp. 449~454, pp. 561~565, 1997
7. 김덕화, "도시유역에서의 하도추적방법에 따른 유출량 변화에 관한 연구", 연세대학교 대학원 석사논문, pp. 23~34, 1996
8. Jenson S. K., Dominique J. O., "Extracting Topographic Structure from DEM for Analysis", PE & RS, vol. 54, 1988
9. Hutchinson. M. F. and T. I. Dowling, "A continental hydrological assessment of a new grid-based digital elevation model of Australia", Hydrological Processes, pp. 45~58, 1991
10. 전라북도, "섬진강 하천정비 기본계획", 1991. 11