

GIS를 이용한 수문매개변수 설정에 관한 연구 - 탐진강 유역을 중심으로 - A Study on the Establishment of the Hydro-Parameter by Using GIS - in Tamjin River Basin -

황의진* · 김우혁** · 김영균***

Hwang, Eui-Jin · Kim, Woo-Hyeok · Kim, Young-Gyun

要 旨

하천유역의 수문학적 지형정보는 자료가 방대하여 이들을 획득하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하였으며 현실적으로 사용이 곤란한 경우가 많다. 본 연구에서는 수자원의 효율적인 관리를 위한 수문정보 자료를 획득하기 위한 수단으로서 GIS를 이용하여 수문지형정보를 추출하기 위하여 DEM(Digital Elevation Model)의 처리방법을 기초로 한 GIS 소프트웨어인 Arc View를 이용하여 하천의 기하학적 요인 및 지형학적 특성을 정량화 하는 방법을 제시하며, GRID 모델을 이용하여 하천차수와 유역면적, 유역특성의 정량적 결과를 산출하는 것을 가능하게 했다. 총유로연장과 흐름누적셀 수의 관계식은 $Y=14632.87 \cdot X^{-0.542444}$ 이며, 총유로연장과 셀크기의 관계식은 $Y=37014.1 \cdot X^{-1.05808}$ 이다. 이들 식으로부터 탐진강 유역의 적정흐름누적셀의 수는 383개, 적정 셀의 크기는 44m임을 알 수 있었다.

Abstract

The main objective of this study is to extract the hydro-Parameter of the Tamjin River basin. A GIS is capable of extracting various hydrological factors from DEM. One of important tasks for hydrological analysis is the division of watershed. In this study, watershed itself and other geometric factors of watershed are extracted from DEM by using a GIS technique. The data of topographical map with scale of 1:25,000 and 1:250,000 in the Tamjin River basin is used for this study and it is converted to DEM date. Various forms of representation of spatial data are handled in main modules and a GRID module of ArcView. A GRID module is used on a stream in order to define watershed boundary. Based on the spatial analysis using those GIS technique, it would be possible to obtain the reasonable results of watershed characteristics. Also, the results show not only that GIS can aid watershed management, research and surveillance, but also that the geometric characteristics as parameters of watershed can be quantified more accurately and easily than conventional graphic methods. From the equations($Y=14632.87 \cdot X^{-0.542444}$, $Y=37014.1 \cdot X^{-1.05808}$), it can be concluded that the optimal count of flow accumulation is 468 and cell size is 42m for spatial analysis by using GIS technique in Tamjin River basin.

1. 서 론

최근 국내외에서 해마다 홍수로 인하여 피해가 컸으며, 하천의 특성은 전 국토의 약 70%이상이 산악지형으로 구성되어 있기 때문에 유출시간은 짧고 하천이 급경사이어서 하상계수가 커 수자원관리상 한계가 있다. 따라서 효율적인 국토개발 및 유지관리에 있어서 보다 종합적이고 체계적인 지형정보시스템(GIS: Geographic Information System)을 구축할 필요가 절실히 요구되고

있는 실정이다.

지금까지 하천유역의 수문학적 지형정보는 자료가 방대하여 이들을 획득하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하였으며, 현실적으로 사용이 곤란한 경우가 많았다. 효과적이고 체계적인 수자원 관리를 위해서는 적용이 간단하고 신뢰성 있는 유역유출 모형을 개발하기 위해서는 보다 정확하고 신속하게 해당유역의 지형정보와 수문 특성인자들이 제공되어야 한다. 그러나 지금까지 우리나라에서 적용하고 있는 유역 유출모형들은 모형의

* 한려대학교 토목환경공학과 전임교수
** 조선대학교 공과대학 토목공학과 겸임교수
*** 조선대학교 공과대학 토목공학과 박사과정

매개변수를 지형도나 직접 관측한 자료를 활용하고 있어 그 결과에 대한 신뢰성과 현실성이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위한 시도로 수자원 관리를 위한 수문자료를 획득하기 위한 수단으로 GIS를 이용하여 실제 유역을 대상으로 하천유역의 공간정보를 추출하기 위한 방법을 제시하고 이를 분석하여 수문지형정보의 데이터베이스 구축에 기여하고자 한다. GIS를 이용하여 하천의 기하학적 요인 및 지형학적 특성을 정량화 하는 방법을 제시하며, 기존의 도해법에 의한 결과와 비교하여 검증하였다. 본 연구에서 얻은 결과는 보다 정확한 수문량 예측에 기여할 것이며, 그 신뢰성 및 적용가능성을 검증하는데 목적이 있다.

2. 이론적 배경

1.1 GIS의 자료형태

1.1.1 벡터 또는 등고기반자료(Vector and Contour-Based Networks)

공간자료를 나타내는데 있어 가장 보편적으로 널리 사용되고 있는 방법으로 도로와 수계 등의 사상 표현, 육지와 수역과 같은 서로 다른 사상간의 경계구분에 사용한다. 벡터식 표현의 목적은 사상을 가능한 정확하게 표현하는데 있다. 좌표공간을 래스터 공간과 같이 분할된 것이 아니라 위치, 길이, 차원을 정확하게 표현 할 수 있는 연속적인 것으로 가정한다. 벡터 데이터는 원하는 만큼의 정확도로 코드화하는 것이 가능하다. 그 정확도는 측량의 정확도와 실제적인 데이터의 정확도에 따라 좌우된다.

지형을 나타내는 또 다른 형태는 등고선이다. 등고선은 동일표고를 가진 일련의 point-to-point 경로에 의해서 수치적으로 표현될 수 있다. 전체지도가 이와 같은 수치형태로 저장될 때, 이것을 DLG(Digital Line Graph)라 불린다. 이 기법의 가장 큰 장점 중의 하나는 중요한 수문속성이 그 결과로 나타나는 자료구조에 그대로 포함되어 있다는 것이다.

1.1.2 래스터 또는 격자기반 자료(Raster or grid-Based Data)

수문모델링에서 GIS의 초기적용은 정보에 대해서 래스터형태로 저장되어 사용한 것이었다(Pentland & Cuthbert, 1971). 이용 가능한 자료에 대한 격자크기를 정하는 것이 명백한 첫 번째 선택조건임에도 불구하고, 지형의 다양한 속성에 대해서 서로 다른 격자 크기가 있을 수 있다는 것은 중요한 사항이다.

균질성이 큰 속성에 대해서 정밀한 해상도를 적용하는 것은 과잉의 자료를 보관하기 위해서 큰 저장용량을 필

요로 하게 된다. 그러나 여러 개의 격자 크기를 사용함으로써 자료의 저장용량을 감소시킬 수는 있으나 자료들을 분석하기 위해 격자크기를 변경하는 과정 등에서 많은 복잡성을 나타내고 이에 수반되는 비용증가가 발생된다.

최근 DEM 자료를 수문학에 이용함에 있어 공간적 해상도가 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 서로 다른 격자 크기의 DEM 자료는 유역면적이나 유출생성등의 수문학적 모의에서 상의한 결과를 초래할 수 있으므로(Bruneau 등, 1995) 격자의 크기는 수문 모형의 수행에 있어서 중요한 요소가 된다. 경사, 방위, 유역면적, 유로연장 등과 같은 수문모형의 매개변수들이 DEM 자료로부터 추출될 수 있다(Vieux, 1995).

격자형 DEM자료를 이용함에 있어 가장 중요한 문제는 실제로는 존재하지 않는 함몰부가 발생할 수도 있다는 것이다. 이는 DEM생성시 포함된 雜音(noise)에 의해 보간기법이 영향을 받기 때문이다. O'Callaghan과 Mark (1984), Jenson(1991)은 격자형 DEM 자료에 있어서 함몰부의 위치를 찾아내고 이를 제거하는 기법을 제안한 바 있다.

(1) 흐름방향 및 흐름누적 격자(flow direction and flow accumulation grid)

지표면에 대한 수문학적 특성을 추출하는 요소 중 가장 중요한 것은 grid에서 모든 셀로부터 흐름의 방향을 결정하는 것이다. 이것은 흐름방향 기능으로부터 얻을 수 있다.

Fig. 1과 같이 하나의 셀을 중심으로 8개의 인접 셀의 고도값을 비교하여 중력법칙으로부터 8개의 방향중 낮은 고도값을 갖는 셀의 방향으로 흐름의 방향을 정한다.

(2) Sink 처리

DEM의 에러는 sink와 peak에 의해서 발생한다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 주위가 높은 고도값에 의해 둘러

2	2	2	4	4	8
2	2	2	4	4	8
1	1	2	4	8	4
128	128	1	2	4	8
2	2	1	4	4	4
1	1	1	1	4	16

↘	↘	↘	↓	↓	↙
↘	↘	↘	↓	↓	↙
→	→	↘	↓	↙	↓
↘	↘	→	↘	↓	↙
↘	↘	→	↓	↓	↓
→	→	→	→	↓	←

Fig 1. The model of flow direction

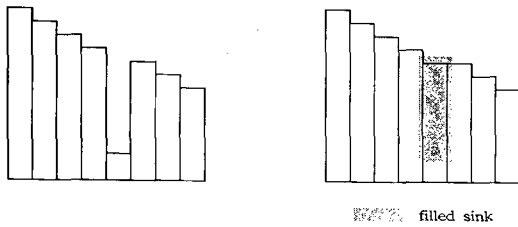


Fig 2. Profile view of a sink before and after being filled

쌓여진 부분이며 또한 depression 혹은 pit라고도 한다. 이 부분은 주위가 낮은 고도값에 의해 둘러싸인 지역으로 이들은 지형의 특성상 보기흔한 자연의 특성이며 흐름의 방향을 계산할 때에 적은 에러가 생긴다. 특히, 합물없는 DEM을 만들기 위해서는 지속적인 sink의 확인과 제거가 필요하다. 따라서 sink가 없어질 때까지 반복 처리과정을 거친다. fill기능으로 sink를 보정한 후 하천 흐름의 방향에 대한 자료를 추출한다. Fig. 2에서 filled sink는 sink보정 후의 지형을 나타낸 것이다. 그 이유는 sink로 인하여 흐름의 방향이 변경되어 부정확한 수문지형정보가 수집되기 때문이다.

1.1.3 불규칙삼각망 자료(TIN, Triangular Irregular Networks)

DEM을 형성하는 또 다른 기법은 Fig. 3에서와 같이 불규칙적으로 분포된 점을 여러개의 선으로 연결하여 중요한 산봉우리와 계곡 등을 결정할 수 있는 불규칙 삼각망을 이용하는 것이다.

앞서 언급한 합물부와 이로 인해 방해되는 배수경로 문제는 TIN을 사용하여 제거될 수 있는데 이는 인근점들을 선으로 연결하여 모든 삼각형의 최소각도를 최대화시키는 원리에 기초를 둔 Delaunay 삼각형화(Lee & Schacter, 1987) 알고리즘이다.

2.1 수문지형정보의 정량화

2.2.1 유역면적(DA: Drainage Area)

지형도상에서 등고선을 기준으로 하여 대상유역의 유역도를 작성한다. 유출에 기여하는 면적을 유역면적이라 하며, 본 연구에서는 도해법의 유역면적 산정은 구적기를 사용하였다. 이때 측정은 3~5회 실시하여 그 평균값을 사용한다. 유역면적이 클수록 일반적으로 유출은 크게된다.

2.2.2 유역평균경사(BS: average Basin Slope)

유역의 평균경사는 빗물의 침투량이나 유출률을 결정에 영향을 주며, 지표면 유출속도를 좌우하는 요소중 하

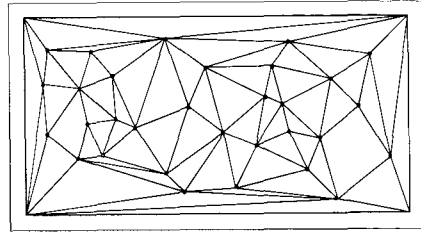


Fig 3. Delaunay triangulation to yield a TIN

나이다. 본 연구에서는 평균경사를 구할 수 있는 방법으로 Horton의 방법을 사용하였다.

2.2.3 본류경사(MCS: Main Channel Slope)

하천의 본류연장만으로 계산한 경사이며 다음식으로 표시된다.

$$\text{본류경사}(MCS) = \frac{E_{85} - E_{10}}{0.75 \cdot \text{유로연장}(MCL)}$$

여기서,

E_{85} : 유역출구로부터 유로연장의 85%되는 지점 표고

E_{10} : 유역출구로부터 유로연장의 10%되는 지점 표고

MCL : 유로연장

2.2.4 유로연장(MCL: Main Channel Length)

유로연장은 유역출구로부터 하천 시작점까지의 거리이고, 도달시간과 침투유량 발생 시간에 따라 크게 영향을 받는다. 본 연구에서는 구적기를 사용하여 측정하였다.

2.2.5 유역길이(BL: Basin length)

유역길이는 Fig. 4와 같이 위도상 최고지점과 최저지점과의 거리를 나타낸다.

$$\text{경사비}(SR) = \frac{MCS}{BS}$$

2.2.6 본류경사(MCSP: Main Channel Slope Proportion)

본류경사는 유로연장과 본류경사로 표시된다.

$$\text{본류경사비}(MCSP) = \frac{MCL}{(MCS)^{0.5}}$$

2.2.7 경사비(SR:Slope Ratio)

본류경사와 유역평균경사와의 비이며 다음식으로 표시되어진다.

$$\text{경사비}(SR) = \frac{MCS}{BS}$$

2.2.8 유역의 기복(BR: Basin Relief)

기복은 어떤 주어진 점간의 표고차를 말하며, 기복률

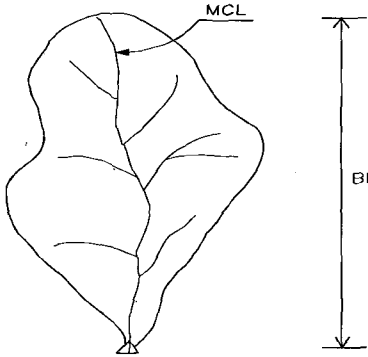


Fig 4. Basin length and main channel length

이라고 하는 것은 H_m 과 수평거리의 비를 말하며 이때 L 은 도상에서 측정한다. 어떤 유역내 기복률은 유역에 대한 전체적인 험준한 정도를 나타낸다.

$$\text{기복률 (relief ratio)} = \frac{H_m}{L}$$

여기서, H_m : 유역내의 유출구와 가장표고가 높은 점과의 표고차

2.2.9 유역평균폭(BW: effective Basin Width)

유역의 평균 유효폭은 다음 식으로 구하며 일반적으로 대하천 일수록 평균폭은 크게 나타난다.

$$\text{평균폭 (BW)} = \frac{DA}{BL}$$

여기서, DA:유역면적, BL:유역길이

2.2.10 형상계수(SF: Shape Factor)

유역 형상계수가 크면 길이에 비하여 폭이 넓은 유역이고, 작은 것은 긴 유역을 의미한다.

$$\text{형상계수 (SF)} = \frac{BW}{BL} = \frac{DA}{BL^2}$$

또한 형상계수의 역수를 형상비(form ratio)라 하며 sf 로 표시한다.

$$\text{형상비 } sf = \frac{1}{SF} = \frac{BL^2}{DA}$$

2.2.11 밀집도(C: Compactness)

유역의 밀집된 정도를 나타낸 것으로 유역면적과 유역 둘레로 표시되어 진다.

$$\text{밀집도 } C = 2 \cdot \frac{\sqrt{\pi \cdot DA}}{BP}$$

2.2.12 원형률(CR: Compactness Ratio)

같은 면적의 원 둘레에 해당하는 유역 경계길이이며

다음 식으로 표시되어 진다.

$$\begin{aligned} \text{원형률 } CR &= \frac{BP}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} \\ &= \frac{BP}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot \pi r^2}} \\ &= \frac{BP}{2\pi r} \end{aligned}$$

2.2.13 요철수(RN: Ruggdeness Number)

유역의 기복정도를 나타내는 것으로 다음식으로 표시되어 진다.

$$\text{요철수 } RN = \frac{TSL \cdot BR}{DA} = SD \cdot BR$$

여기서, TSL: 총유로연장

2.2.14 하천밀도(SD: Stream Density)

유역내의 지류의 많고 적음을 수량적으로 나타내는 것으로 총유로연장과 유역면적으로 표시되어 진다.

$$\text{하천밀도 } SD = \frac{TSL}{DA}$$

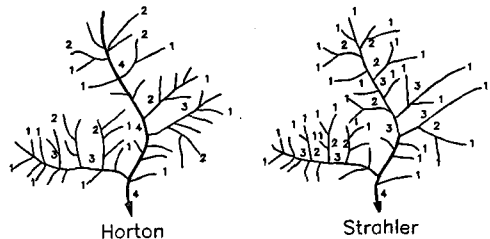
여기서, TSL: 총유로연장

2.2.15 하천차수

하천차수(stream order)는 유역 내에서 하천이 얼마나 많은 지천 또는 세천을 갖고 있는가 하는 척도가 된다.

Strahler방법에 따르면 하천차수는 최상류단의 하천 즉, 지천을 갖지 않는 수원의 세천을 1차(first-order) 하천이라 하고, 두 개나 그 이상의 1차 하천이 만나면 2차 하천, 다시 두 개나 그 이상의 2차 하천이 만나면 3차 하천이 된다.

그러나 u 차 하천이 u 차보다 작은 차수의 하천과 만날 경우에는 u 차 하천의 차수는 변하지 않는다. Horton의 방법은 2개의 u 차 하천이 만나서 $(u+1)$ 차 하천이 되었을



Method \ Stream order	1	2	3	4
Horton	35	9	2	1
Strahler	47	12	3	1

Fig 5. Stream order by Horton and Strahler method

때 유로연장이 긴 u차 하천을 (u+1)차 하천으로 분류하는 방법이다.

Fig. 5에는 Strahler와 Horton의 하천차수 분류 예가 주어져 있으며 이들 두 방법간에는 다음 관계가 성립한다.

3. 연구대상지역 및 자료구축

3.1 대상유역

본 연구의 대상유역은 지형학적, 기상학적 측정이 가능하고 자료의 입수가 용이한 전라남도 장흥에 위치한 탐진강 유역을 택했다. 탐진강 유역은 우리나라의 서남 해안에 위치하고 있으며 그 범위는 좌측하단(127°59'01", 34°12'35"), 우측상단(126°37'01", 34°36'01")이고, 유역의 최남단은 북위, 최북단은 북위 이며, 탐진강은 유역면적 505.47 km², 유로연장 55.0 km의 하천이다.

행정구역상으로는 영암군 일부를 포함하여 3군 3읍 11개면으로 구성되어 있으며, 탐진강내 주요지점의 유역현황은 Table 1과 같다. 탐진강 유역의 위치도는 Fig. 6과 같다.

탐진강 유역은 강진만에 합류되기 전까지의 상류유역을 지칭하는 것으로 판단되나, 본 연구에서는 최하류 수위관측소의 위치를 고려하여 강진군 군동면 풍동리에 위치한 풍동 수위관측소의 상류유역을 편의상 탐진강 유역으로 선정하고, 이하 탐진강 유역으로 지칭하였다.

대상유역의 자료입력은 국립지리원에서 발행된 1:250,000 탐진강유역 지세도와, 같은 유역의 1:25,000지형도 4도엽을 이용하였다. 연구에 이용된 입력자료의 내용은 Table 2와 같다.

수치기본도는 국립지리원에서 발행되는 1:250,000 지

세도와 1:25,000 지형도상에서 취할 수 있는 등고선, 표고점, 수계망, 유역, 행정경계 등의 주제를 선택하였고, 유역은 행정경계와 등고선을 기초로 취득하였다.

3.2 자료의 생성 및 변환

탐진강 대표유역을 포함하고 있는 수치지도 1:250,000 전남 도엽과 1:25,000 장흥, 영암, 강진, 보성 4도엽을 국립지리원으로부터 구입하여 이 벡터파일 자료를 AutoCAD Map2000을 통하여 도면을 절취하고 도면상의 굵김, 겹침 등을 수정하였다.

이 파일을 DXF파일로 변환하고, 변환된 도면자료를 ArcView상에서 .shp파일로 변환시킨 후 grid 자료로 변환하기 위해서 우선TIN을 구성하였다.

TIN자료로부터 입력자료 형태인 DEM을 구축하기 위해서는 grid를 구해야 한다. grid는 표면을 격자형태로

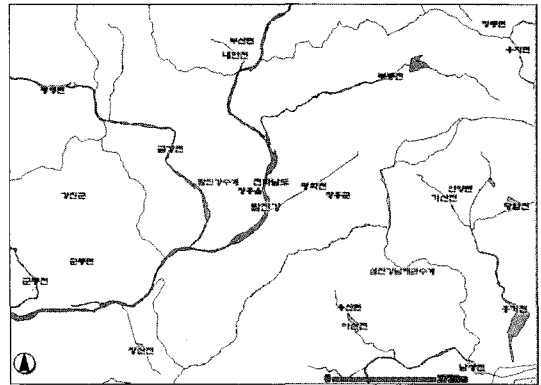


Fig 6. Map of study area

Table 1. Parameter Tamjin river basin

주요지점 수위표	유역면적 A(km ²)	유로연장 L(km)	평균폭 A/L km	형상계수 A/L ²
봉덕	62.68	8.36	7.49	0.89
지천	193.00	23.85	8.09	0.34
연산	203.70	31.60	6.45	0.20
풍동	442.71	39.65	11.16	0.28
탐진강하구	505.47	55.00	9.19	0.17

Table 2. Input data of Tamjin River Basin

지도종류	지명	축척	발행기관
지세도	전남	1:250,000	국립지리원
지형도	장흥, 영암 강진, 보성	1:25,000	국립지리원

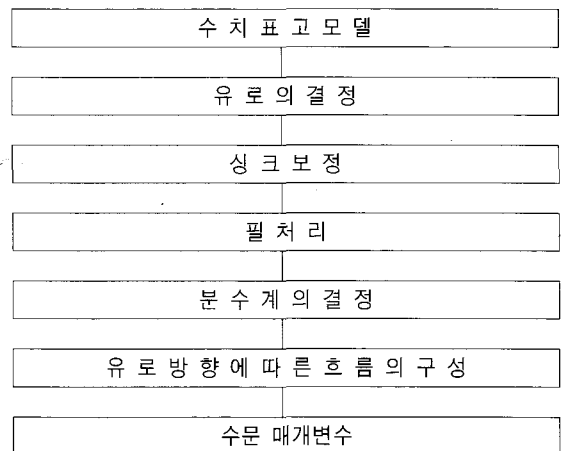


Fig 7. The process of extraction of hydro-geomorphic information

표현한 것으로 grid의 크기는 입력자료의 정확도에 따라서 그 크기를 정한다.

본 연구에서는 지도의 축척에 따라 정확한 결과를 구하기 위하여 1:250,000 지세도의 경우 100m, 1:25,000 지형도의 경우 20m의 셀의 크기로 Lattice를 구했으며, DEM으로부터 수문지형정보를 추출하는 과정은 Fig. 7 과 같다.

4. 분석결과 및 고찰

4.1 지형인자 분석

본 연구에서는 GIS에서 취득할 수 있는 하천유역의 특성인자인 유역의 평균경사, 유역의 지형분석, 음영기복도 제작 등 추출 가능한 인자들을 grid분석을 통하여 탐진강 유역의 수치표고모델로부터 추출하였다. 여기서 추출된 유역에 관한 공간정보는 수문·지형인자 분석에서 사용되고 있는 수식으로부터 정량화 하였고 이 값들은 기존에 수문인자 분석에서 사용되고 있는 값들과 비

교함으로써 GIS의 적용성을 평가하였다.

본 연구에서는 GIS 소프트웨어인 ArcView를 사용하여 대상지역의 GIS 데이터베이스를 구축하였다.

여기서 변환된 DXF파일을 ArcView의 기능을 이용하여 수치표고 모델의 생성을 위해 TIN을 구성하였다. 어느 한 지점을 기준으로 주변의 고도가 유사한 경우에는 TIN의 밀도가 적으며 지형의 변화가 심한 곳에서는 TIN의 밀도가 조밀하게 표현되어 지형의 특성을 파악할 수 있을 뿐만 아니라 컴퓨터 하드웨어의 기억용량에 따른 수치표고모델의 자료크기를 줄일 수 있다.

또한 Fig. 8은 탐진강 유역의 수치지형도로부터 지형인자 분석에 사용되는 수치표고모델을 색깔별로 나타낸 것이다. Fig. 8에서 연한황토색으로 구성된 고도 100~300m지형의 분포가 가장 많음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 셀의 적정 크기를 결정하기 위하여 셀의 크기를 1:25,000 지형도의 경우 20m×20m, 30m×30m, 40m×40m, 50m×50m, 70m×70m, 100m×100m에 대하여 분석하였고, 1:250,000지세도에 대하여 셀의 크

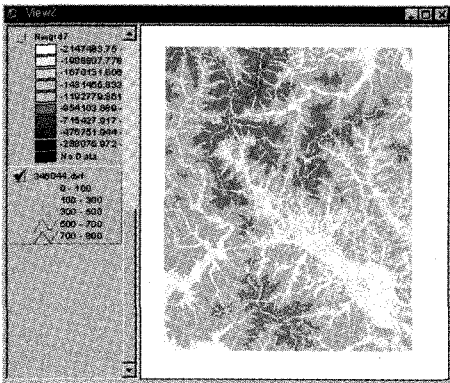


Fig 8. Elevation contour digital map of study area

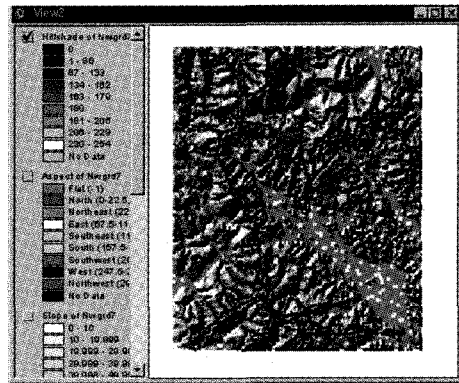


Fig 9. The result of 3-dimension hillshade analysis

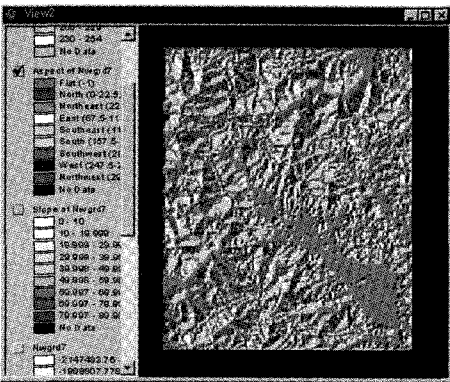


Fig 10. Flowaccumulation of study area from lattice model

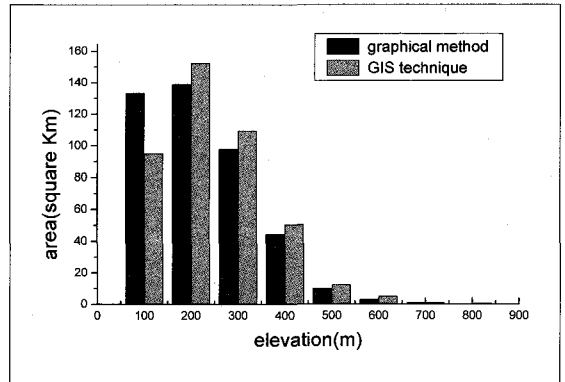


Fig 11. Comparison of area for each elevation between graphical method and GIS method (1:25,000)

Table 3. Area for each elevation

1 : 25,000	도해법		GIS기법	
	면적 (km ²)	상대면적비 (%)	면적 (km ²)	상대면적비 (%)
100m 이하	133.362	31.12	95.107	22.33
100~200m	139.092	32.45	152.256	35.74
200~300m	97.755	22.81	109.45	25.67
300~400m	44.392	10.36	50.361	11.82
400~500m	10.005	2.33	12.275	2.88
500~600m	2.834	0.66	4.931	1.17
600~700m	0.941	0.22	1.078	0.25
700m이상	0.219	0.05	0.592	0.14
합 계	428.6	100.00	426.05	100.00

1:250,000	도해법		GIS기법	
	면적 (km ²)	상대면적비 (%)	면적 (km ²)	상대면적비 (%)
100m이하	57.924	13.76	33.212	8.01
100~200m	155.72	36.99	162.256	39.14
200~300m	115.51	27.43	119.45	28.82
300~400m	44.392	10.55	49.361	11.91
400~500m	43.473	10.33	46.497	11.22
500~600m	2.819	0.67	2.648	0.64
600~700m	0.865	0.21	0.843	0.2
700m이상	0.237	0.06	0.233	0.06
합 계	420.94	100.00	414.5	100.00

기를 각각 100m×100m, 200m×200m의 크기로 사용하여 그 결과를 비교하였다.

지형인자 분석의 한 형태로서 음영기복에 따른 탐진강 유역의 3차원 형상을 나타낸 음영기복도는 Fig. 9와 같다. 검정색 부분은 고도가 가장 낮은 지역으로 계곡이나 수로를 나타내며 색깔이 점점 연해지면서 고도는 높아짐을 나타내고 있다. 물은 색이 연한곳에서부터 진한곳으로 모여 흘러갈 것이다.

유역의 하천망 분석을 위하여 작성된 흐름분석도는 Fig. 10에 도시하였다. 그림에서 연한 하늘색부분이 가장 많이 분포되어 있는데 메뉴에서 볼 수 있듯이 물의 흐름은 남서쪽으로 흘러간다는 것을 알 수 있었다. 여기에서는 유역의 DEM으로부터 변환된 Lattice모형으로부터 각 셀의 흐름을 결정하는 방향의 고유값에 따라 이 값을 누적시켜 흐름이 나타나며 흐름의 방향에 따라 누적된 고유값을 표시한 것이 하천을 구성하는 선이 되고 이것에 의해 하도를 구성하는 하천망이 작성된다.

한편 유역의 수문학적 특성 중 지표면의 물리적 특성으로 나타나는 일반적인 유역지형인자들은 표고별 면적, 유역둘레, 하천의 총연장, 유로연장 등이다.

본 연구에서는 이들에 대한 적용결과에 대하여 분석하였다. Table 3은 본 연구의 대상지역인 탐진강유역에 대한 표고별 면적분포를 각각의 지형도에 대하여 나타낸 것이다.

탐진강유역의 표고별 면적분포는 대부분 100m~500m의 범위에 속하고 있으며 100m~300m 범위의 면적이 제일 많은 비율로 나타났다. 따라서 면적의 대부분이 낮은 산지로 구성되어 있는 본 연구의 대상지역에 대한 지형적 특성을 찾아볼 수 있었다.

또한 1:250,000 지세도의 축척에서 표고별 면적분포를 비교한 결과 GIS에 의한 결과와 차이가 있음을 알 수 있었다.

1:25,000 지형도의 경우 GIS에 의한 결과를 도해법에 의한 결과와 비교해보면 표고별 면적의 차이가 가장 크게 나타난 부분은 100m이하의 표고에서 나타났으며 그 결과를 비교한 것이 Fig. 11이다.

4.2 수문매개변수 계산

본 연구의 대상유역에 대한 면적, 유역둘레, 유역의 장축 및 단축길이, 유로연장, 총유로연장등을 도해법과 GIS 기법으로 구하여 Table 5에 같은 축척별로 비교하였다.

Table 4는 GIS기법을 이용하여 추출된 유역의 특성인자 값들을 기존의 도해법에 의한 값들과 비교한 결과로 유역의 장축길이는 1:25,000에서 약 0.76km의 차이를 1:250,000의 경우 약 0.02km의 차이를 보였으며, 단축길이는 1:25,000의 경우 0.27km의 차이를 보였고 1:250,000의 경우 2.73km정도의 차이를 보여 대체로 실제와 유사한 값을 추출할 수 있었다.

Table 4에서 *표시한 총유로연장이 도해법보다 GIS 기법이 크게 나오는 원인은 다음과 같이 추정할 수 있다. GIS 기법은 흐름누적수에 의하여 하천이 형성되므로 GIS 기법에서 의 총유로연장은 지형도상에 표시되지 않는 건천이 포함되어 산정된 하천의 총유로연장으로 판단된다.

유역의 둘레에서의 차이는 수치표고모델이 셀에 의해 정의되므로 셀의 크기에 따른 차이로 보여진다.

이러한 결과에 대하여 셀의 크기에 따라 얻어진 유역의 지형정보 인자들의 변화에 대하여 Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14에 도시하였다.

Fig. 12는 1:25,000 지형도의 경우 셀의 크기를 각각 20m×20m, 30m×30m, 40m×40m, 50m×50m, 70m×70m 및 100m×100m에 대한 유역면적의 변화를 나타낸

Table 4. Comparison of geometric factors of study area between graphical method and GIS technique

구 분	(1:25,000)		(1:250,000)	
	도해법	GIS기법	도해법	GIS기법
유역장축길이	30.54	29.89	29.85	29.83
유역단축길이	27.97	28.84	28.08	31.31
유역면적	428.6	426.05	420.94	414.5
유역둘레	128.42	148.25	125.36	136.12
유로연장	44.2	44.65	41.05	42.35
총유로연장	557.488	*1212.12	172.56	*235.43
하천차수	4	7	3	5
평균경사(°)	12.043	12.098	12.043	8.259
유역기복(km)	0.733	0.715	0.733	0.661
본류경사(°)	1.982	2.152	2.133	2.038
평균폭(km)	16.79	16.19	16.495	15.754
경사비	0.165	0.178	0.177	0.247
형상계수	0.658	0.615	0.646	0.599
형상비	1.520	1.624	1.547	1.67
본류굴곡률	1.732	1.697	1.609	1.56
유역원형성	0.538	0.615	0.507	0.470
연장률	1.391	1.438	1.404	1.457
배수빈도	0.691	0.786	0.069	0.079
일차하천수	296	335	29	33
유역평균폭	9.697	9.542	10.254	9.811
상대기복	0.006	0.005	0.006	0.005
하천밀도	1.301	2.845	0.410	0.568
수로유지상수	0.769	0.351	2.439	1.761
요철수	0.953	2.034	0.300	0.375
원형률	1.750	2.027	1.724	1.887
유역밀집도	0.286	0.492	0.580	0.53
본류경사비	31.396	30.467	28.107	29.665

주) 연장 및 둘레는 km, 면적은 km²

것으로 유역의 면적에는 큰 변화가 없었다.

그러나 Fig. 13과 Fig. 14에서 유역둘레 및 유로연장은 셀의 크기를 크게 할수록 그 길이가 짧아지는 경향을 보여주었다.

그 이유는 하천과 유역둘레는 셀의 연결로 이루어지므로 셀의 크기가 커짐에 따라 연결되는 선이 짧아지기 때문이다.

또한 하천의 총유로연장에서 차이는 하천은 흐름의 누적에 의하여 형성되기 때문에 지형도상에 표시되어 있지

않은 호우 시에만 발생하는 건천이 GIS분석 후에 생성되어 총유로연장에 포함되기 때문으로 판단된다.

따라서 지형도에 나타나는 하천과 서로 상이 하므로써 발생하는 오차로 판단된다.

따라서 지형도의 크기가 대축척일수록 지형도상에 나

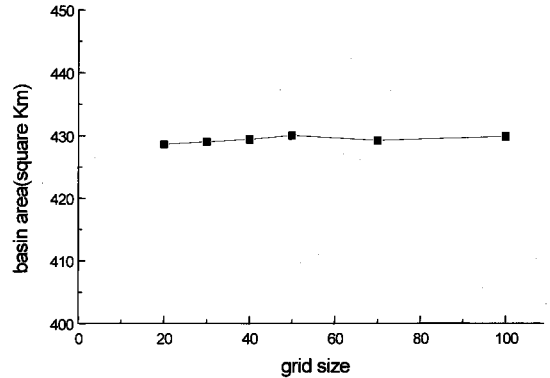


Fig 12. The variation of basin area for each grid size

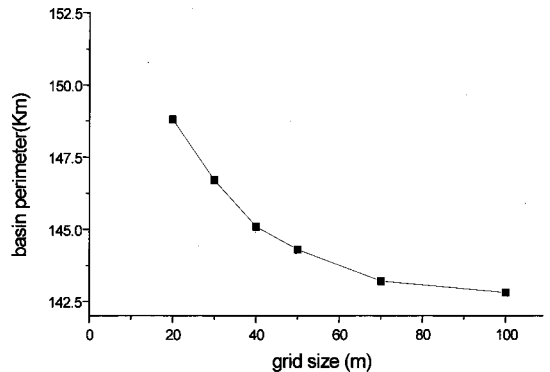


Fig 13. The variation of basin perimeter for each grid size

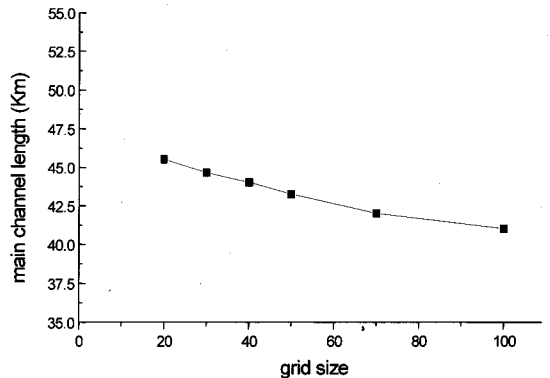


Fig 14. The variation of main channel length for each grid size

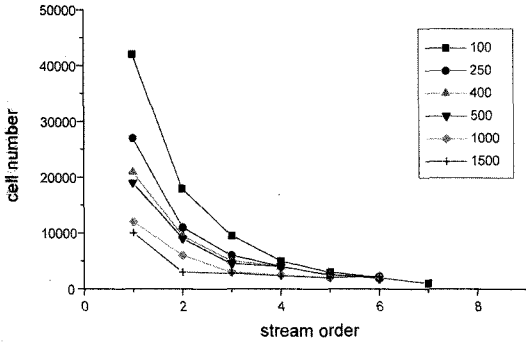


Fig 15. Relationship between cell number and stream order

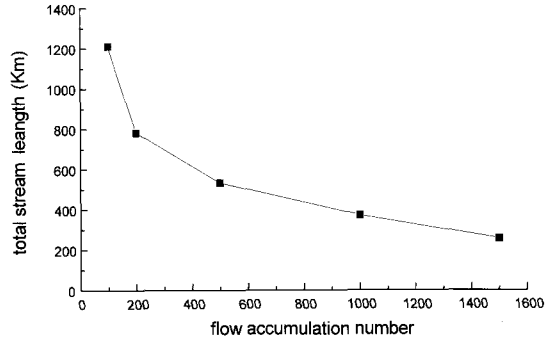


Fig 16. Relationship between flow accumulation and total stream length

타나는 하천의 형태와 유로연장 및 총유로연장에 차이가 있을 수 있을 것으로 생각된다.

한편 1:25,000 지형도의 경우 흐름누적셀의 수에 따라 하천의 차수에 해당하는 셀의 수가 변화해 가는 과정을 Fig. 15에 도시하였으며 그 결과에 따라 하천특성인자를 수치표고모델로부터 추출하였다.

Fig. 15에서는 흐름누적셀의 수를 각각 100, 250, 400, 500, 1000, 1500으로 하였을 경우 각각 1차 하천으로부터 7차 하천에 이르기까지 이에 포함되는 셀의 수에 따른 하천차수의 변화를 보인 것이다.

예를 들어 흐름누적셀의 수를 증가시켰을 때 1차 하천에 포함되는 셀의 수는 감소하며 흐름누적 셀의 수를 감소시켰을 때에는 1차 하천에 포함되는 셀의 수는 증가하는 경향을 찾아 볼 수 있다.

적용 결과로부터 하천은 셀의 크기가 작을수록 조밀하게 추출된다는 것을 알 수 있었다.

전체 유역에서의 셀 크기에 따른 유역의 평균경사는 셀의 크기가 커질수록 작아지는 경향을 보여주고 이에 따라 추출된 유역의 평균경사의 표준편차 역시 크기가 커질수록 감소하는 경향을 보여 주었다.

따라서 경사와 관련된 유역의 특성인자들은 대부분 셀

의 크기가 커질 경우 약간씩 작아지는 경향이 있어 적절한 보정이 필요할 것으로 판단되며 이에 대한 기준을 설정할 필요가 있을 것으로 생각된다.

하천의 총유로연장은 흐름누적셀의 수에 따라 달라지는데 이에 따른 총유로연장의 변화를 나타낸 것이 Fig. 16이다.

또한 수치표고모델을 형성하는 각각의 셀에서 물의 흐름방향을 결정하는 흐름누적셀의 수에 따라 큰 영향을 미치고 있으므로 탐진강유역에 대한 적정 흐름누적셀의 수를 파악하기 위하여 총유로연장과의 관계를 나타내는 모형과 셀의 크기에 따른 총유로연장과의 관계를 나타내는 모형을 Fig. 17과 Fig. 18에 나타내었다.

Fig. 17에서는 물의 흐름을 지배하는 흐름누적셀의 수와 총유로연장과의 관계를 나타낸 것으로 다음과 같은 수학적 관계식을 찾아낼 수 있었다.

$$Y = 14632.87 * X^{-0.542444}$$

여기서, Y는 총유로연장(km), X는 흐름누적셀의 수

또한 Fig. 18에서는 셀의 크기에 따른 총유로연장의 변화관계를 분석하여 다음의 관계식을 얻었으며 이를 이

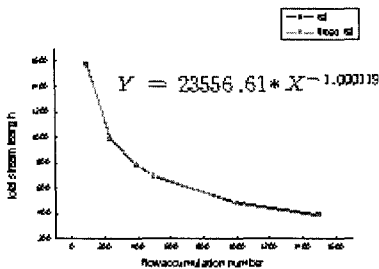


Fig 17. Functional relationship between flow accumulation number and total stream length

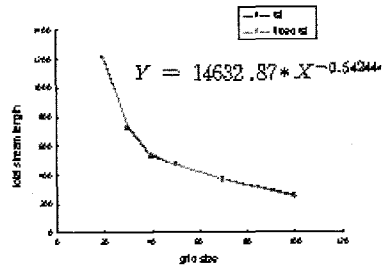


Fig 18. Functional relationship between grid size and total stream length

용하여 본 연구의 대상지역인 탐진강유역에 대한 적정 셀의 크기를 찾을 수 있었다.

$$Y = 23556.61 * X_c^{-1.000119}$$

여기서, Y는 총유로연장(km) X_c 는 셀의 크기(m)

이 결과로부터 탐진강 유역에 대한 적정 흐름누적셀의 수는 383개가 적당한 것으로 나타났으며, 적정 셀의 크기는 약 44m정도로 나타남을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 다양한 공간분석 기능을 가진 지형정보 시스템(GIS)을 이용하여 선택된 탐진강유역에 대하여 데이터베이스를 구축하고 이로부터 공간정보로서 추출 가능한 지형 및 수문정보를 추출하여 정량화 하였다. GIS를 이용하여 공간적으로 방대한 범위를 가진 유역분석을 통하여 지형관련 인자 및 수문학적 인자의 추출 및 분석결과에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 본 연구에서는 탐진강 유역의 1:25,000 지형도 및 1:250,000 지세도의 수치표고모델로부터 공간분석을 통하여 추출된 지형 및 수문인자는 기존의 도해법으로부터 추출한 지형 및 수문인자 수치와 비교해 본 결과 유역면적에 있어서 1:25,000 지형도의 경우 2.55 km², 1:250,000 지세도의 경우 6.44km² 차이를 보여 신뢰성 있는 정보로서 사용될 수 있다.
2. 수치표고모델의 셀의 크기를 1:25,000 지형도의 경우 20m×20m, 30m×30m, 40m×40m, 50m×50m, 70m×70m, 100m×100m로 하여 분석한 결과 셀의 크기가 커질수록 길이에 관련된 지형인자의 값을 감소하는 경향을 보였으며, polygon 정보는 거의 일정하다.
3. 탐진강유역에서 물의 흐름을 지배하는 흐름누적 셀의 수는 총유로연장과의 관계식을 구하여 결정하였으며, 그 결과 적정한 흐름누적셀의 수는 1: 25,000 지

형도의 경우 약 383개 임을 알 수 있었다. 따라서 수문지형정보의 추출을 위해 GIS기법을 적용할 때에는 지형적 특성으로 표현되는 흐름누적셀의 수에 대한 정확한 정의가 각 유역별로 필요하다.

4. 지형분석에서 지형과 밀접한 관계가 있는 셀의 크기 결정은 총유로연장과의 관계식을 구하여 결정하였으며 본 연구의 대상지역인 탐진강유역의 총유로연장과 적정 셀의 크기를 분석한 결과 1:25,000지형도의 경우 분석을 위한 적정 셀의 크기는 약 44m임을 알 수 있다.

참고문헌

1. 김상현, 한건연, 손광익, "Tile Drain의 영향과 GIS를 연계한 농경지 유역에서의 수문학적 모의", 한국수자원학회 논문집, 제29권, 6호, pp. 203-215, 1996.
2. 김은형, 이동연, 폭넓은 응용을 위한 수치지도 제작, "94학술발표회 개요집", 한국지형공간정보학회, 1994.
3. 백창현, "GIS를 이용한 대청호의 수질관리시스템 구축," 경북대학교 석사학위논문, pp. 1-74, 1999
4. 유복모, Toni Schenk, "디지털 사진측량학", 문운당, 2001.
5. 조희대, "GRASS와 연계한 GIS 수문모의 시스템," 경북대학교 석사학위논문, pp. 1-108, 2000.
6. 최철관, 김상호, 배덕효, 한건연, "하천유량관리를 위한 GIS 하도단면 구축," 한국GIS학회지, 제8권, 제1호, pp. 131-140, 2000.
7. 함창학, "GIS를 이용한 수문지형정보추출에 관한 기초적 연구," 충북대 박사학위논문, pp. 1-72, 1996.
8. P. Bruneau, P. Robin, K.J. Beven, "Sensitivity to space and time resolution of a hydrological model using digital elevation data." Hydrological Processes, Vol. 9, pp. 69-81, 1995.
9. B.E. Vieux, "DEM aggregation and smoothing effects on surface runoff modeling." in Wetland and Environmental Application of GIS, Lewis Publishers Press, pp. 205-229, 1995.

(접수일 2002. 12. 2, 심사 완료일 2003. 2. 14)