

GIS를 이용한 수문지형인자 추출에 관한 효용성 연구

A Study for the Efficiency to Extract Hydrologic-Topographical Parameters Using GIS

최현, 안창환, 이재윤, 한호욱
경남대학교

Choi Hyun, Ahn Chang-Whan, Lee Je-Yun, Han Ho-Wook
Kyungnam Univ.

요약

하천의 수문해석을 위해서는 하천의 정확한 유역의 분할과 수문지형인자의 추출은 유역의 유출해석에 막대한 영향을 미친다. 따라서 유역의 분할 및 수문지형인자의 추출은 여러 가지 형태로 연구되어 왔으나 아직까지 이러한 방법들에 대한 명확한 기준은 정립되어 있지 않은 상태이다. 최근 들어 GIS(Geographic Information System)를 수자원 분야에 적용하면서 과거에 비하여 많은 노력을 들이지 않고도 수치고도자료(DEM : Digital Elevation Model)를 이용하여 유역을 자유롭게 분리하고 대상지역의 수문지형인자를 손쉽게 객관적인 방법으로 산정할 수 있게 되었다. 그러나 기 구축된 국가지리정보(수치지도등)의 정도에 따라 수문지형인자의 변수값이 달라지는 등의 또다른 문제가 발생하고 있다. 따라서 본 연구는 하천의 유역내 홍수량 산정시 사용하는 수치지도(1:25000, 1:5000), 토지이용현황도, 토지피복도, 개략도양도, 정밀도양도등을 이용하여 유역의 수문지형인자 및 SCS 유출곡선지수(CN)를 GIS를 이용하여 효율적으로 추출하는 과정을 제시하고자 한다.

Abstract

For Hydrologic analysis of the river, the exact Dividing Watershed and Hydrologic-Topographical Parameters affect enormously Hydrologic analysis of the river basin. Therefore the extraction of Hydrologic-Topographical Parameters as well as Dividing Watershed are studied by several ways. However the definite standard of all those means are not settled. Recently GIS is applied to the field of water resources so that we can divide Watershed and calculate Hydrologic-Topographical Parameters of the targeted area easily and objective way for using DEM. Thanks to DEM, we don't have to spend much time as we did before. However other problems are generated such as the parameter value is changed by the precision of established NGIS(National Geographic Information System), etc. In this study, using GIS which is popular recently, we suggested efficient extract method of Hydrologic-Topographical Parameters SCS(Soil Conservation Service) CN(Curve Number) in watershed.

I. 서론

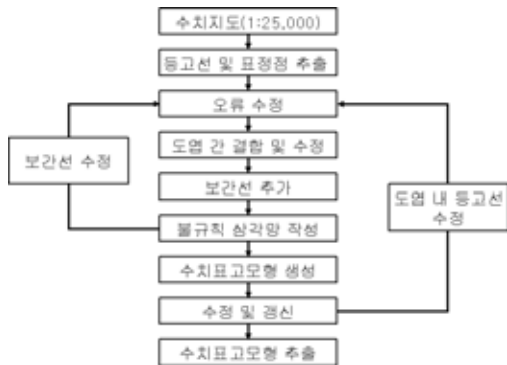
우리나라의 하천의 특성은 산악지역의 산지급류하천으로 유출시간이 짧고 하상계수가 커서 국지성 집중호우에 아주 취약한 실정이며, 우기를 전후로 하여 발생하는 태풍으로 인한 집중호우는 하천에 치명적인 영향을 줌으로써 매년 수해가 발생하고 있는 악순환이 반복되고 있다. 강우 및 지형특성에 따른 하천의 유출해석을 위해서는 하천의 정확한 유역의 분할과 수문지형인자의 추출이 필요하나 아직까지 명확한 기준은 정립되어 있지 않은 상태이다. 따라서 본 연구는 국토지리정보원에서 구축한 지형도(1:5,000, 1:25,000)를 이용하여 보다 손쉽게 유역을 분할하여 이를 비교분석 하였으며, 개략도양도, 정밀도양도, 토지이용현황도를 이용하여 홍수량 산정에 필요한 유출곡선지수(CN: Curve Number)를 효율적으로 산정하여 비교분석함으로써 유출해석을 위한 객관적인 기준을 정립할 수 있는 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

II. 기본이론 및 연구방법

1. 수치지도를 이용한 수치표고모형 생성

지형을 나타내는 방식에서 불규칙하게 분포된 위치에서 표고를 추출하여 이들 위치를 삼각형의 형태로 연결하여 표현하는 방식으로 세 개의 위치를 가지고 하나의 삼각형을 이루며 각각의 삼각형 내에서 경사의 크기 및 방향이 결정된다. 불규칙 삼각망은 세변의 길이가 같은 정삼각형의 형태에 근접할수록 정확한 지표면의 형태를 나타내며, 격자방식과 비교하여 비교적 적은 지점에서 추출된 표고자료를 사용하여 일반적인 지형 형태를 나타내는 장점이 있다. 또한 벡터구조로서 지형자료의 표현을 위한 위상을 갖추었으며, 삼각형을 구성하는 각각의 선은 XY좌표와 Z값(표고)을 갖는다. 그림 1은 본 연구에서 수치지도를 이용하여 수치표고모형을 생성하는 단계를 나타내며, 기존의 2차원지도를 3차원 화하여 불규칙 삼각망을 만든다.

다음 오류를 수정한 후 수치표고모형을 나타낸 과정을 도식화한 것이다.



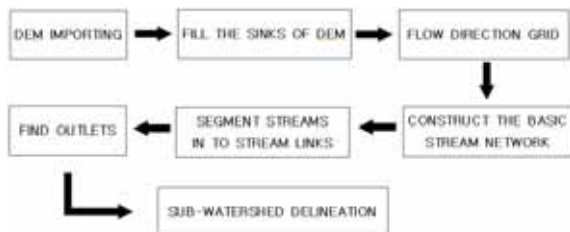
▶▶ 그림 1. 수치표고모형 과정 도식화

삼각망을 구성하는 선분길이는 다양하므로 복잡한 지형일 경우 작은 면적의 삼각형을 구성하여 밀도가 높은 다각망을 구성하며 단순한 지형일 경우 큰 삼각형을 이용하여 밀도가 낮은 다각망을 구성하여 작은 삼각망으로도 복잡한 지형을 상세히 나타낼 수 있다. 불규칙삼각망에서는 격자방식과 비교하여 정확하고 효과적인 방식으로 지표면을 나타낼 수 있으나 자료를 생성하기 위하여 많은 처리를 해야 한다. 불규칙삼각망을 생성하는 알고리즘에 따라 부수적으로 발생하는 오차 역시 차이가 있으며, 생성된 삼각형의 경계부근에서 생성되는 불필요한 것을 없애기 위한 수작업 역시 차이가 자주 발생한다. 본 연구에서는 1:25,000, 1:5,000 수치지도에서도 등고선 자료 및 표고점을 추출하여 사용하였다. TIN방식을 이용하여 표면을 처리한 후 일정 격자의 표고자료를 생성하였다.

2. 유역분할 및 특성자료 산출

수치지도를 이용하여 DEM을 생성한 후 DEM의 오류를 제거하기 위해 Fill Sink처리를 실시한 후 하천의 전체적인 흐름 경향을 파악하기 위하여 Flow Direction Grid와 Flow Accumulation Grid을 산출한다. 그리고 Threshold 지정을 통한 Basic Stream Network 산출하고, 하천을 Stream Links별로 분할 및 하천 출구 지정한 후 각 소유역별로 분할한다.

아래 그림은 유역분할 및 특성자료 산출을 위한 절차이다.

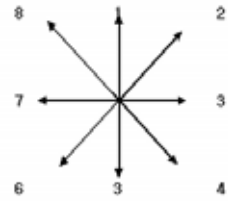


▶▶ 그림 2. 유역 분할 및 특성자료 산출

또한 유역내 하천의 흐름방향에는 그림 3의 a)와 같이 방위에 따라 흐름방향을 결정하는 8방향 모델이 있는데 본 논문에서는 8방향모델을 적용하였다. 8방향모델은 b)와 같이 셀 주위에 인접해 있는 8개의 격자로부터 가장 낮은 표고를 가지는 격자방향으로 흐름방향이 c)의 흐름방향으로 정해진다. 흐름 방향에 따라 누적된 흐름을 누가 흐름량이라 하며 그림 3의 d)처럼 나타난다.

216	216	217	218
215	214	216	217
214	213	215	216
214	210	214	215

a) 수치표고모형



b) 8방향 모델의 기초

↖	5	↗	↘
3	↓	↙	↘
↖	5	↗	↘
→	0	←	←

c) 흐름방향 격자

1	1	1	1
1	5	2	1
1	8	2	1
1	16	3	1

d) 누가흐름 격자

▶▶ 그림 3. 유출분석을 위한 흐름방향 결정

3. SCS방법에 의한 유출곡선지수(CN) 산정

호우로 인한 유출자료가 없어 직접유출량을 결정하지 못하면 초과강우량의 산정이 불가능하므로 미국토양보전국(U. S Soil Conservation Service, SCS)에서는 유역의 토양특성과 식생피복상태 등에 대한 상세한 자료만으로도 총우량으로 초과강우량을 산정할 수 있는 방법을 개발하였으며, 현재 미계측 유역의 초과 강우량(혹은 유효우량)의 산정에 널리 사용되고 있다. SCS방법에서는 유효우량의 크기에 직접적으로 영향을 미치는 인자로서 유역을 형성하고 있는 토양의 종류와 토지이용, 혹은 식생피복의 종류, 처리상태 및 토양의 수문학적 조건 등을 고려하여 인자들이 직접유출에 미치는 복합적인 영향을 정량적으로 표시하고자 하였으며, 강우가 발생하기 이전에 선행 토양함수조건(Antecedent moisture condition)도 고려하였다.

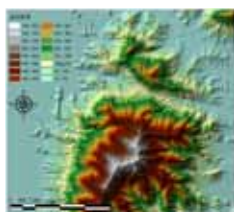
[표 1] 토지이용현황도 분류법에 의한 유출곡선지수(AMC-II조건하)

대분류	중분류	소분류	토 양 형				
			A	B	C	D	
농경지	논	경지정리답	67	78	85	89	
		미경지정리답					
	밭	보통, 특수작물	63	75	83	87	
		과수원, 기타					
임 야	초지	자연초지	49	69	79	84	
		인공초지					
	임목지	침엽수림	57	73	82	86	
		활엽수림					
		혼합수림					
	기타	골프장	68	79	86	89	
공원묘지, 유원지							
	기타	압벽 및 석산	98	98	98	98	
도시 및 주거지	주거지 및 상업지	일반주택지	77	85	90	92	
		고층주택지					
		상업, 업무지	상업, 업무지	89	92	94	95
			나대지 및 인공녹지				
	교통 시설	도로	98	98	98	98	
		철도 및 주변지역					
		공항, 항만					
	공업지	공업시설					
		공업나지 및 기타					
	공공 시설물	발전시설	81	88	91	93	
		처리장					
		교육, 군사시설					
기타 시설	공공용지						
	양어장, 양식장						
	채광지역						
수 계	습지	갯벌, 염전	100	100	100	100	
		하천					
	기타	호소, 댐					
		백사장					

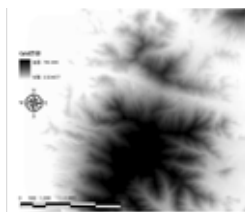
III. 연구대상지역 분석

1. 연구대상지역

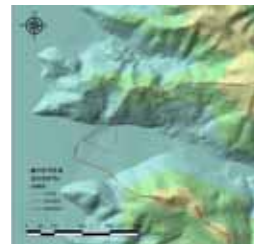
본 연구대상지역인 정포천은 남해군 서면에 위치한 단일수계 하천으로 유로연장은 3.64km, 유역면적은 4.65km²으로 비교적 소유역에 해당하는 하천이다. 하천의 특성은 최고/최저 높이차가 180m로 급경사지 하천이며, 하천주변은 계단식 논으로 구성되어 있다.



(a) 유역 TIN



(b) 유역 Grid



(c) 유역분할 오류



(d) 소유역 분할

▶▶ 그림 4. 연구대상지역 유역분할 결과

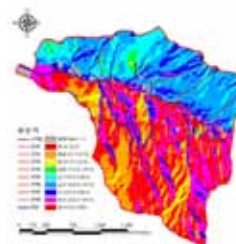
그림 4에서 알 수 있듯이 기 구축된 수치지형도의 축척 중 1:25,000이나 1:5,000은 등고선이 있는 지형은 비교적 정확한 분석이 가능하나 평지지형에서는 표고 Data의 양에 따라 분석이 상이한 경우를 나타내므로 1:1,000 수치지형도나 실측 Data, 현재 활발한 연구가 진행되고 있는 Lidar Data, 1m이상의 해상도를 갖는 위성영상 등을 이용할 것을 권장한다.



(a) 고도분석



(b) 경사분석



(c) 향분석



(d) 음영기복

▶▶ 그림 5. 연구대상지역 유역특성 분석

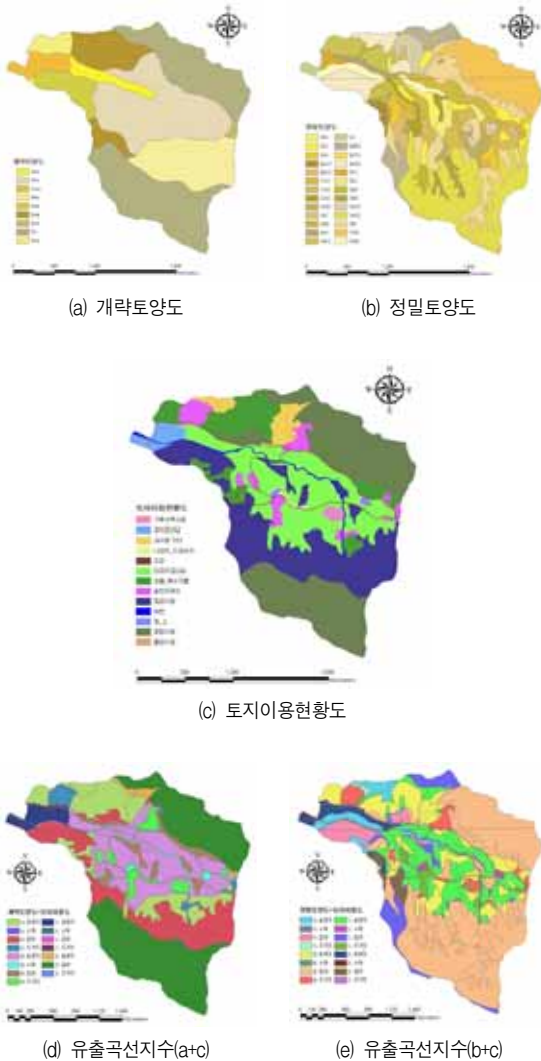
그림 5는 연구대상지역의 유역특성을 분석한 것이다. 현재 CN방법을 적용하기 위해서는 개략도양도와 토지이용현황도를 중첩하여 이용하는 것이 보편화 되어있다. 심지어 개략도양도와 토지이용현황도의 제작연대를 들어 수작업으로 이를 분류하고 적용하는 사례도 찾아볼 수 있다.

아직까지 RS 분야가 수자원 기술자에게는 생소한 분야이므로 이를 분석·적용하지 못하고 있는 것이 현실이다.

본 연구에서도 RS를 이용한 수문분석을 실시하려 하였으나 도심지와 달리 연구대상지역의 RS Data의 습득에 어려움이

있어 개략토양도와 정밀토양도를 비교분석하는 것으로 만족하고 RS를 이용한 수문분석은 추후로 미루고자 한다.

그림 6은 개략토양도, 정밀토양도, 토지이용현황도를 이용한 CN 추출 결과이다.



▶▶ 그림 6. 유출곡선지수(CN) 산정

그림 6 (a)의 개략토양도는 항공사진을 위주로 지역내 토양 분포를 개략적으로 파악한 것으로 (b)의 정밀토양도와 조사 정밀도를 쉽게 파악할 수 있다. 또한 개략토양도를 사용한 결과는 침투율이 좋은 토양으로 분류되어 초기 강우의 많은 부분이 직접 침투되어 직접 유출량은 작게 산정될 수 있다는 것을 쉽게 알 수 있다.

표 2~3은 위의 설명에 대한 비교치를 나타낸 것으로 개략 토양도를 사용하였을 경우 유출곡선지수는 76.12로 나타났고, 정밀토양도를 사용하였을 경우는 76.74로 나타났다.

[표 2] 개략토양도+토지이용현황도를 이용한 유출곡선지수(CN) 산정

토지이용 상태	총 면적 (km ²)	개략토양도+토지이용현황도				평균 CN값
		A 면적 (km ²)	B 면적 (km ²)	C 면적 (km ²)	D 면적 (km ²)	
계	4.53					76.12
농경지(답)	0.60	0.44	0.11	0.00	0.04	70.74
농경지(전)	1.06	0.18	0.75	0.13	0.00	73.91
주거지(주택)	0.22	0.09	0.12	0.01	0.00	82.07
주거지(공공)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
주거지(공업)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
주거지(기타)	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	91.89
주거지(교통)	0.05	0.00	0.04	0.01	0.00	98.00
임야(초지)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
임야(임목)	2.51	0.72	0.19	0.00	1.60	76.71
임야(기타)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
하천	0.05	0.01	0.04	0.01	0.00	100.0

[표 3] 정밀토양도+토지이용현황도를 이용한 유출곡선지수(CN) 산정

토지이용 상태	총 면적 (km ²)	정밀토양도+토지이용현황도				평균 CN값
		A 면적 (km ²)	B 면적 (km ²)	C 면적 (km ²)	D 면적 (km ²)	
계	4.53					76.74
농경지(답)	0.60	0.09	0.40	0.10	0.02	77.86
농경지(전)	1.06	0.10	0.24	0.62	0.10	79.73
주거지(주택)	0.22	0.01	0.14	0.08	0.00	86.39
주거지(공공)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
주거지(공업)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
주거지(기타)	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	92.50
주거지(교통)	0.05	0.00	0.02	0.02	0.01	98.00
임야(초지)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
임야(임목)	2.51	0.16	2.01	0.27	0.07	73.29
임야(기타)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
하천	0.05	0.02	0.01	0.03	0.01	100.0

IV. 결론

본 연구는 유역분할 및 수문지형인자의 추출시 GIS를 이용하여 분석하였을때의 효율성과 사용되는 1:25,000, 1:5,000 수치지형도를 이용하여 생성한 DEM으로 유역을 분할하였을 때 발생하는 문제점, 개략토양도와 정밀토양도, 토지이용현황도를 이용하여 홍수량 산정시 핵심이 되는 유출곡선지수(CN)을 산정하였을 때 문제점에 대하여 비교분석함으로써 보다 객관적인 기준을 정립하는데 필요한 기초데이터를 제공하기 위한 연구로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 기존의 수작업으로 수행하던 유역 분할 및 수문지형인자의 추출시 GIS를 적용함으로써 보다 효율적인 분석

이 가능하였다.

둘째, 1:25,000, 1:5,000 수치지형도를 이용하여 유역을 분할 하였을 때 산지부분은 대체적으로 비슷한 결과를 보였으나 평지부분은 표고 Data가 부족함으로써 동일 표고로 인식함으로써 상이한 결과를 보였다.

따라서 GIS를 이용한 분석시 1:1,000이상의 정확도를 가진 수치지형자료를 이용하여 분석할 것을 권장하며 부득이한 경우에는 분석시 각별한 주의를 요한다.

셋째, 본 연구에서도 알 수 있듯이 반드시 정밀도양도를 이용한 수문분석이 필요하며 선택적으로 개략도양도를 사용하는 오류는 범하지 않아야 할 것이다.

넷째, 토지이용현황 역시 개발행위가 많은 지역은 반드시 RS를 이용한 분석을 통하여 토지이용현황을 재작성하여 사용해야 할 것이며, 부득이한 경우 국토지리정보원에서 제작한 토지이용현황도보다 이후에 환경부에서 작성한 토지피복도를 사용하여 분석해야 할 것으로 사료된다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 김경탁, 1998, GIS 적용에 따른 유출응답에 관한 연구, 인하대학교 대학원 박사학위 논문.
- [2] Hoggan, D.H, 1989, Computer-Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics, McGraw-hill, NY.
- [3] 최현, 2004, 원격탐사자료에 의한 하천소유역의 지형수문학적 해석, 부산대학교 대학원 박사학위 논문.
- [4] 최철웅, 1999, 지형공간정보체계를 이용한 수문지형인자 결정에 관한 연구, 부산대학교 대학원 박사학위 논문.
- [5] 강인준, 최현, 이병길, 2001, 수치지도를 이용한 유역특성분석, 한국측량학회지, 19권, 3호, pp229~237