

원격탐사와 GIS를 이용한 수문정보 추출

함창학 (인하공업전문대학 지형정보과 부교수)

안상진 (충북대학교 공과대학 토목공학과 교수)

1. 서론

인간의 생활에서 물은 모든 분야에 걸쳐 없어서는 안될 필수적인 것으로 강우에 의해 유역이라는 공간을 통해 하천으로 흐르는 자원이다.

이러한 수자원의 관리 및 보전을 위하여 많은 수문학자들이 시스템을 개발하여 하천유역의 적용성을 검토하는데 많은 노력을 기울여 왔으나, 자연현상인 강우와 유출관계를 규명하는 일은 매우 복잡하여 하천에서의 유출량 추정은 하천공간 정보의 부족으로 많은 어려운 문제점을 야기시키고 있다. 따라서 수문학적 문제의 해결을 위해서는 지금까지 사용하여 왔던 방법보다 더욱 명확하고 많은 수문정보를 획득할 수 있는 방법이 제시되어야 이러한 문제를 해결 할 수 있을 것이다. 지금까지 하천유역의 수문학적 지형정보는 자료가 방대하여 이들을 획득하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하였다.

광범위한 지역에 대하여 보다 적은 관측시간, 적은 경비와 인력을 가지고 훨씬 더 정확한 자료를 얻을 수 있는 방법을 개발하고 이들을 이용하여 좀더 효율적이고 정확한 수문정보를 이용하여 한정된 수자원을 관리할 수 있는 방법의 개발에 노력을 기울이게 되었다. 수자원의 관리는 각종 용수의 공급 및 자연재해(가뭄, 홍수) 등을 관리해야 하는 어려움을 지니고 있으며 또한 물의 이동은 복잡한 순환 체계를 가지고 있다.

수문학은 크게 수질과 수량적인 측면에서 연구되고 있다. 본 글에서는 원격탐사 자료를 이용해서 지표수

이동모델을 만들어 수문정보를 추출하는 방법을 제안하고자 한다.

2. 자료처리

분석 자료는 원격탐사 위성영상을 스캐닝하여 DEM (Digital Elevation Model)을 추출하였고, 이 자료를 GIS 소프트웨어인 ARC/INFO의 GRID Module을 사용하여 토양으로의 침투 및 증발산 가중치를 계산하여 ARC/INFO의 GRID Data로 변환하였다.

자료수집과 DEM 추출과정은 그림 1과 같다.

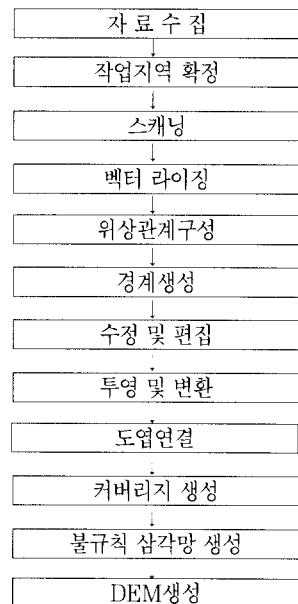


그림 1. 자료수집과 DEM 추출 과정

3. 분석

지표의 형상은 물이 어떻게 지표를 흐르는가에 의해 결정된다. ARC/INFO GRID는 지표의 물리적인 특징을 나타낼 수 있으며, 입력자료로 DEM을 사용하면 유역 경계를 추출하여 유역시스템의 특징을 정량화 시킬 수 있다.

GRID합수를 이용한 지표수 이동모델 흐름도를 보면 DEM으로부터 유역경계, Stream network과 같은 수문정보를 추출하는 과정을 알 수 있다.

(1) 배수조직

물이 집중되는 지역으로 하나의 출구를 향하는 망을 배수조직(drainage system)이라고 한다. 배수 조직을 통한 물의 흐름은 지하수, 증발산, 강우를 포함한 수문순환의 일부가 된다. 유역에서 집중된 물을 방류하는 출구가 방류구이며, 유역 경계선 중에서 가장 낮은 지점이다. 그림 2에서는 배수조직을 나타내었고 그림 3에는 수계에 있어서의 절점과 연결부를 나타내었다.

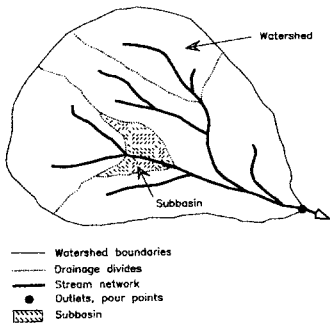


그림 2. 배수조직

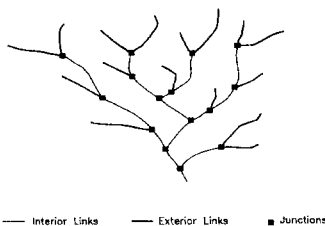


그림 3. 절점과 연결부

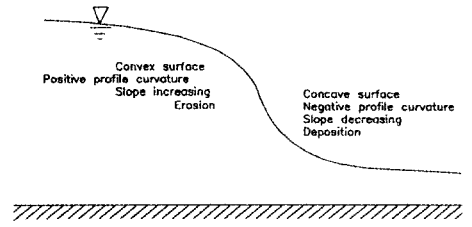


그림 4. 수면곡선

(2) 지표면의 흐름과정

유역의 물리적 특성은 지표면의 흐름 특징을 결정하며 지표의 흐름 특징은 유역의 물리적 특징들을 변화시킨다. 지표를 흐르는 흐름의 방향은 각 위치에서의 경사에 의해 결정되며, 경사는 각 셀로부터의 최대고도 변화율의 방향이다. 또한, 흐름에너지는 지표의 경사에 의해 결정된다.

그러므로 표고가 높을수록 보다 큰 에너지를 형성한다. 하천에서 흐름의 에너지가 커지면 유량은 증가하게 된다.

그러므로 경사가 가파를수록 유량은 많아져서 침식의 잠재력이 증가하게 된다. 그림 4는 수면곡선을 나타낸 것으로 왼쪽의 볼록한 면을 양의 수면곡선(convex surface)이라 하며 경사가 증가하고 침식이 일어나며, 오른쪽의 오목한 면을 음의 수면곡선(concave surface)이라 하며, 경사가 감소하고 퇴적이 일어난다.

(3) Digital Elevation Model(DEM)

지표면의 형상을 나타내는 가장 일반적인 3차원 수치자료는 셀로 구성된 DEM이다. 이 자료는 지표면의 특성을 정량화하는 GRID 분석에서 입력자료로 이용된다. DEM은 연속된 지표면을 래스터 형태로 표시한 것이다.

이 자료의 정확도는 주로 점들간의 거리인 해상력에 의해 결정되고 정확도에 영향을 미치는 요소로는 자료의 형태(정수 혹은 실수)와 DEM형성시 지표면의 상태가 있다. DEM의 오차는 Sink와 Peak에 의해서 발생한다. Sink는 그림 5에서 보는 바와 같이 주위가 높은 고도값에 의해 둘러 쌓여진 부분이며, 또한

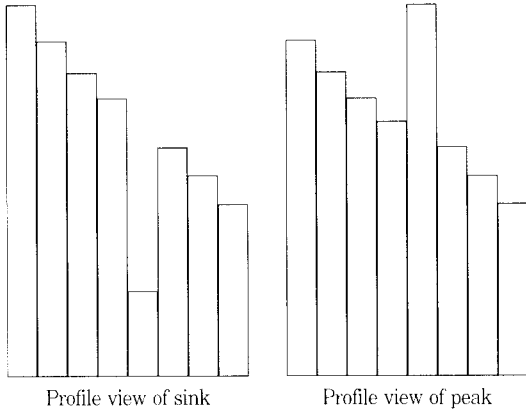


그림 5. DEM의 오차

Depression 혹은 Pit라고도 한다. 이 부분은 빙하 혹은 카르스트지역에서 자연적으로 나타난다. Peak 혹은 Spike는 주위가 낮은 고도 값에 의해 만들어진 셀에 의해 둘러싸인 지역으로 이들은 지형의 특성상 보기 흔한 자연적 특성이며, 흐름의 방향을 계산할때에 오차를 일으킨다. 특히 Sink는 수문정보를 추출하기 전에 반드시 제거 되어야 한다. 그 이유는 Sink로 인하여 흐름의 방향이 변경되어 부정확한 수문정보가 수집되기 때문이다.

(4) 유역의 경계추출

지표를 흐르는 흐름은 가장 경사가 급한 방향으로 항상 흐른다. 흐름방향이 결정되면 흐름의 셀이 어느 셀로 흘러 올 것인지를 결정하는 것이 가능하다. 이 이론이 수계망과 유역경계를 결정하는데 이용된다. 그림 6은 지표수 이동 모델 흐름도에서 수문지형정보를 추출하는 과정을 나타내었다.

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

그림 7과 같이 셀의 방향 값을 갖는 유로의 방향을 8개로 정하고 그림 8과 같이 하나의 셀을 중심으로 8개의 인접 셀의 고도값을 비교하여 중력법칙으로부터 8개의 방향중 낮은 고도값을 갖는 셀의 방향으로 흐름의 방향을 정한다.

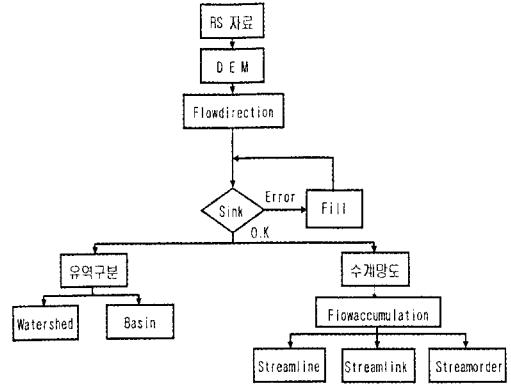


그림 6. 지표수 이동모델 흐름도

78	72	69	71	58	49			
74	67	56	49	46	50			
69	53	44	37	38	48	32	34	128
64	58	55	22	31	24	16		1
68	61	47	21	16	19	8	4	2
74	53	34	12	11	12			
고도						흐름방향		

그림 7. 고도와 흐름방향

이 과정에서 그림 9와 같이 모든 셀들이 대상 셀보다 높거나 두 개의 셀의 방향이 서로 마주한다면 이것은 Sink이다. 함몰없는 DEM을 만들기 위해서는 계속적인 Sink의 확인과 제거가 필요하다. 따라서 Sink가 없어 질때까지 반복처리 과정을 거친다. Fill기능으로 Sink를 보정한후 하천 흐름의 방향에 대한 자료를 추출한다. 그림 9에서 Filled sink는 Sink 보정후의 지형을 나타낸 것이다.

(5) 유역

유역이란 계류나 하천의 임의 단면을 통과하는 유량에 직접적인 공헌을 하는 지역의 한계를 의미한다.

유역경계는 흐름방향(flowdirection)에서 얻은 Sink가 처리된 DEM을 입력자료로 사용하여 추출한다. 또한 GRID의 Map algebra를 이용해서 유역경계

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	→	→	→	→	↓	←

그림 8. 흐름방향 모델

는 홍수높이 혹은 침전물 유출의 예측을 위해 도양과 토지이용 정보를 조합시켜 이용된다.

(6) 흐름누적

흐름누적기능(flowaccumulation)은 각각의 낮은 경사(downslope) 셀로 들어오는 누적된 모든 셀의 총합으로 누적된 물의 이동을 계산한다. 높은 값을 가지는 셀은 하도를 감지하는데 사용되며, 0의 값을 가지는 셀은 능선을 감지하는데 이용된다. 흐름누적의 output은 각 셀에 흘러 들어오는 유량을 나타낸다.

물의 이동은 복잡하지만 위와같이 물의 순환체계를 이루는 구성요소를 원격탐사기법을 적용하여 수문매개변수를 추출하며 매개변수의 수학적 모델 실험이 가능하다. GRID는 이러한 구성요소를 계산할 수 있는 기능을 가지고 있다. 도시지역에서의 물 순환체계는 도시 지표면의 불투수층 증가로 강수를 빠르게 유출시키고 홍수를 유발하기도 한다. 또한 토지이용의 비합리성은 경제적으로 큰 손실을 초래하므로 배수시스템의 설계는 주된 기술적인 과제로 제기되며, 수질의 악화는 환경보전 문제를 야기시키고 있다.

4. 결론

원격탐사는 수자원의 효율적 관리를 위한 수문정보

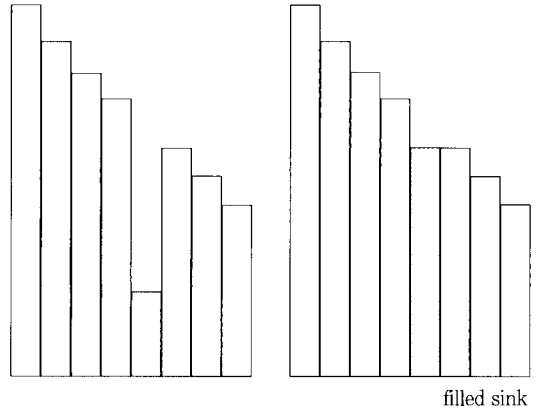


그림 9. DEM의 오차와 보정후의 모습

를 획득하기 위한 수단으로서 수문 현상에 영향을 미치는 기상적인 요인, 토양, 토지 이용도, 배수 유역 등 수문 정보를 획득하기 위한 수단으로 사용 될 수 있을 뿐만 아니라 단조롭고 시간이 많이 드는 기존의 자료 추정방법과는 달리 유역에서의 형태학적, 기상학적 특성을 시간과 인력을 절약하여 정량화할 수 있다.

원격탐사와 GIS를 이용하여 수문정보를 추출하기 위해서 DEM의 처리 방법을 기초로한 GRID를 사용하여 하천의 기하학적 요인 및 지형학적 특성을 정량화 할 수 있다. 따라서 시공간적으로 변화하는 특성을 가진 수자원관리에서의 원격탐사기법의 활용은 자료 수집의 객관성과 분석의 정확도 향상을 위해 유용하게 활용될 수 있는 새로운 기술로서 연구가 집중적이며 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

향후의 연구방향은 원격탐사와 GIS를 활용하여 유역의 유출량 산정 및 수자원의 종합적인 관리 및 개발된 수자원 모델과 GIS의 연결을 위한 통합적인 연구가 필요할 것이다. ●

참고문헌

1. White, D., "Grid-Based GIS Application of Runoff Curve Numbers", J. of the Water Resources Planning and Management Division, ASCE, 114, 1988, pp. 601-612.
2. Lawrence, E.B., "Topographic Partition of Watershed with Digital Elevation Models", Water Res. Resear., Vol. 22, No.1, 1986, pp.15-24.
3. David, A.E., "A Geographic Information System Procedure to Quantify Drainage Basin Characteristics", Water Res. Bull. Vol. 30, No.1, 1994, pp.1-8.
4. Rasamee, S., "GIS and Hydrologic Modelling for the Management of Small Watershed", ITC Journal, 1994-4, pp.343-344.
5. 안상진, 함창학, "지형 정보 시스템을 이용한 하천 유역의 형태학적 특성인자 추출", 한국수자원학회지, 제28권 제2호, 1995, pp.115-124.
6. 김영섭 외 2인, 원격탐사개론, 동화기술, 1999.
7. 한국과학기술연구원 부설 시스템공학센터, 원격탐사 관련 기술 실용화 연구(I), 1989.