

HyGIS를 이용한 유역특성인자 추출에 대한 검토

A Study on the Estimating Watershed Characteristics Using Hydrologic Geography Information System

김경탁* · 최윤석** · 박동선***¹⁾

Kyung Tak Kim, Yun Seok Choi, Dong Sun Park

요 지

DEM(Digital Elevation Model)을 활용한 기술이 수자원분야에서 필수적인 GIS 활용기술인 이유는 DEM을 이용할 경우 유역의 수문학적 지형특성인자를 객관적인 방법으로 추출할 수 있고 이를 활용하여 분포형 수문모형을 개발, 적용할 수 있기 때문이다. 국내에서도 GIS를 이용하여 수문모형의 입력인자를 추출한 다든가 분포형 수문모형에 대한 연구를 수행할 경우 DEM을 활용한 연구를 수행하고 있다. 이러한 것은 GIS S/W인 Arc/Info, ArcView, WMS 등에서 DEM을 활용하여 수문학적인 유역분석 기능을 제공해 주기 때문에 가능하다. 즉, DEM을 이용하여 하천망을 추출하고, 유역을 분할하고 이를 이용하여 유역 Boundary 내에서의 지형특성인자를 추출하는 기능을 말한다. 본 연구는 수자원분야에서 GIS를 활용할 때 필요한 필수기능인 DEM의 활용기술을 순수 국내기술로 개발하였다. DEM활용에 대한 최신 알고리즘을 검토하여 국내 기술로 개발된 GIS Engine인 GEOMain v.3.0을 이용하여 수문학적인 DEM 활용 Module을 개발하였으며 HyGIS(Hydrologic Geography Information System)라 명하였다. 본 연구에서는 개발된 HyGIS를 이용하여 수문학적 지형특성인자를 추출하고 기존에 사용되어오던 GIS S/W와 비교 검토하여 HyGIS의 활용 가능성에 대하여 검토하고자 한다.

핵심용어 : HyGIS, DEM, 지형인자

1. 서 론

수자원분야에서 유역의 지형인자는 유역에 대한 수리·수문 분석과 유역관리를 위하여 반드시 필요한 자료이다. 과거에는 주로 현장 실측과 항공사진 혹은 기 구축된 지도를 이용한 수작업을 통하여 유역의 수문학적 지형인자를 계산하였다. 그러나 컴퓨터의 발달과 더불어 성장한 GIS 기술은 기 구축된 수치자료로부터 유역의 지형인자를 손쉽게 추출할 수 있는 방법을 제공하고 있다(Lacroix 등, 2002). DEM은 고도 값을 가지는 일정한 크기의 격자를 이용하여 유역의 형상을 나타내고 있으며, 이를 이용하여 하천망을 추출하고 유역을 분할함으로써 유역의 다양한 지형인자를 계산할 수 있다(Garbrecht와 Martz, 1998).

HyGIS(Hydrologic Geographic Information System)은 통합수자원관리시스템을 구현하기 위해 개발된 시스템이다. HyGIS에서는 DEM을 이용하여 유역기반의 다양한 공간정보를 생성할 수 있을 뿐만 아니라 수자원 분야에서 필요로 하는 수문학적 지형인자를 계산할 수 있다. 본 연구에서는 HyGIS를 이용하여 수문학적 지형특성인자를 추출하고 기존에 사용되어오던 GIS S/W와 비교 검토하여 HyGIS의 활용 가능성에 대하여 검토하고자 한다.

1) * 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · Email : ktkim1@kict.re.kr.

** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · Email : yschoi51@kict.re.kr.

*** 정회원 · (주)지오매니아 부설연구소 소장 · Email : dspark@GEOMania.com

2. 수문학적 DEM 구축

수자원 분야에서 DEM을 이용하여 유역의 수문학적 지형인자를 추출하기 위해서는 DEM으로부터 하천망을 추출하고, 유역을 분할하며 이를 이용하여 유역 범위 내에서 지형인자를 계산하는 일련의 과정이 필요하다. 이때 사용되는 기초 자료인 DEM은 최종 결과물인 유역의 지형인자에 영향을 미치게 되며, 따라서 지표면의 수리·수문 현상을 가장 적절히 표현할 수 있는 DEM을 수문학적으로 어떻게 처리할 것인가가 중요한 문제이다. 수치지도와 영상자료를 이용하여 구축한 원시 DEM을 이용하여 지표수 흐름을 모의할 경우에는 DEM내에 존재하는 sink와 flat area와 같은 오류를 수정하여야 한다. 그러나 DEM내에 존재하는 오류를 수정하여 유역내의 물의 흐름이 원활히 이루어지는 경우에도 하천망을 추출하고 유역을 분할하는 데는 여전히 문제가 남아 있다.

하천의 하류부분은 넓은 하폭과 함께 제내지 측에 평탄한 지형이 형성되어 있다. 이러한 지형을 DEM을 이용하여 표현하면 DEM의 격자크기가 내포하고 있는 공간 해상도의 문제와 더불어서 정확한 하천망을 추출하기 어려우며 이에 따라 유역분할의 오류에 까지 영향을 미치게 된다. 정확한 하천망을 구축하기 위해서는 하천 수면 아래의 하도내 지형에 대한 등고선 또는 표고 값들이 있어야 하나 현재, 국내에서 제공되는 수치지도는 항공사진의 해석에 의해 구축된 것으로 이에 대한 정보는 없는 실정이다. 따라서 이러한 수치지도를 이용하여 DEM을 구축하고 하천망을 추출할 경우에는 폭이 넓은 하천에서의 하천망은 실제의 하천 중심선을 나타내지 못하게 된다.

ESRI의 Arc Hydro Tools v1.0에서는 “Agree Burn”을 이용하여 DEM을 재가공 하는 것을 제안하고 있다. Agree Burn DEM은 원시 DEM과 실제 하천망 수치지도를 이용하여 실제 하천망과 동일한 하천망 및 유역분할을 위한 DEM을 생성하기 위한 알고리즘이다. HyGIS에서는 원시 DEM의 오류를 보정하고 수자원분야에서 사용하기 적합한 DEM으로 재가공 하기 위하여 “Agree Burn” 방법을 적용하였으며, DEM을 이용한 산하기 위하여 Agree Burn DEM을 사용하였다. 그림 1은 HyGIS에 Agree Burn DEM을 제작하기 위한 원시 DEM, 벡터하천망 및 대화상자를 나타낸 것이다.

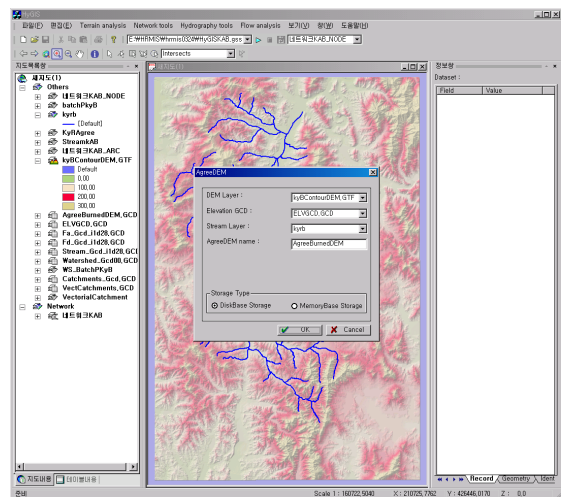


그림 1. Agree Burn DEM 제작 과정

하천망 추출, 유역분할 및 유역단위의 지형인자를 계

3. 지형인자 계산

DEM을 이용하여 유역의 지형인자를 계산하기 위해서는 우선 하천망을 추출하고 유역경계를 결정하여야 한다. HyGIS에서는 수자원에서 필요로 하는 지형인자를 유역단위로 계산한다. 이를 위하여 보정과정을 거친 DEM을 이용하여 하천망을 추출하고, 지정된 유출구를 기준으로 유역을 분할한다. 그리고 분할된 유역의 범위에 포함되는 하천망과 DEM을 이용하여 하천과 유역의 지형특성을 계산한다. 그림 2는 HyGIS에서 계산된 지형인자가 공간DB에 저장되어 있는 것을 나타

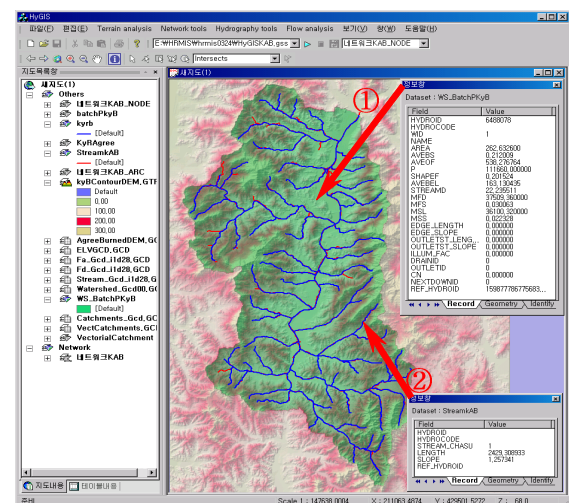


그림 2. HyGIS를 이용한 지형인자 계산

낸 것이며, 그림 2에서 “①”과 “②”는 각각 유역과 하천 지류의 지형속성을 나타낸 것이다. 또한 표 1은 HyGIS에서 제공하는 유역내의 지형인자를 나타낸 것이다.

표 1. HyGIS에서 계산되는 지형인자

약어	지형속성	설명	단위
AREA	유역면적	유역의 면적	km ²
AVEBS	유역평균경사	등고선의 고도차 / 등고선의 평균 간격	m
AVEOF	평균지표유하거리	그리드 셀 중심에서 하천까지의 유하거리의 평균	m
P	유역둘레길이	유역 둘레의 길이	m
SHAPEF	형상계수	유역면적/최대 하천연장 ²	km ² /(km) ²
AVEBEL	유역평균고도	유역에 포함되는 각 cell 고도의 평균값	m
STREAMD	하천밀도	하천총연장(본천+지천)/유역면적	1/m
MFD	최대유하거리	(하천 흐름+지표수 흐름)의 최대값	m
MFS	최대유하거리경사	MFD의 경사	m/m
MSL	최대하천연장	가장 긴 하천의 길이	m
MSS	최대하천연장경사	MSL의 경사	m/m
SEL		백터 하천망 각 edge 길이	m
SES		백터 하천망 각 edge 경사	m/m
NEXTOL		유출구에서 다음 유출구까지의 하천길이	m
NEXTOS		유출구에서 다음 유출구까지의 하천경사	m/m
STREAMORDER	하천차수	Horton-Strahler method	

4. 지형인자 검토

본 연구에서는 경안천의 경안교 상류유역을 대상으로 HyGIS를 이용하여 수문학적 지형인자를 추출하였다. 계산된 지형인자는 동일한 유역에 대하여 Arc Hydro Tools v1.0과 WMS v6.1을 이용하여 추출한 지형인자와 비교하였다. 그림 3은 HyGIS에서 추출된 유역경계와 Arc Hydro Tools v1.0과 WMS v6.1에서 추출한 것을 비교한 것이다. 그림 3에서 녹색으로 표시된 것은 HyGIS, 파란색으로 표시된 것은 WMS v6.1 그리고 빨간색으로 표시된 것은 Arc Hydro Tools v1.0을 이용해서 추출한 유역경계를 각각 나타낸 것이다. 그림 3에서 “①”은 대상유역이 하류를 나타낸 것으로 WMS와 HyGIS는 유사한 결과를 보이고 있다. 또한 “②”의 부분에서는 Arc Hydro Tools v1.0과 HyGIS가 유사한 결과를 보이고 있다. 그림 3으로부터 HyGIS를 이용하여 추출한 하천망은 대체적으로 양호한 결과를 보이는 것을 알 수 있다. 표 2는 각 프로그램에서 계산된 대상 유역의 지형인자를 나타낸 것이다. 이때 주의 할 것은 WMS에서 사용한 DEM은 “Agree Burn”을 적용하지 않고, 순수하게 DEM 만을 분석해서 하천망을 추출하고 유역을 분할 한다는 것이다. 이와 같은 경우 유역경계는 지형의 분수령을 따라 명확히 분할되므로 큰 차이가 없지만 하천망은 “Agree Burn”을 적용한 경우와 다르게 추출될 수 있다. 표 2에서 유역면적은 3가지 프로그램에서 거의 유사하게 계산되지만 하천 연장에서는 차이가나는 것은 이러한 원인이 반영된 결과이다. 또한 DEM을 이용한 하천망의 추출은 셀의 중심선을 따라서 형성되고, 유역 경계는 셀의 외곽을 따라서 형성된다. 따라서 표 2에서 길이에 대한 지형인자는 프로그램마다 다르게 추출될 수 있으며, DEM을 이

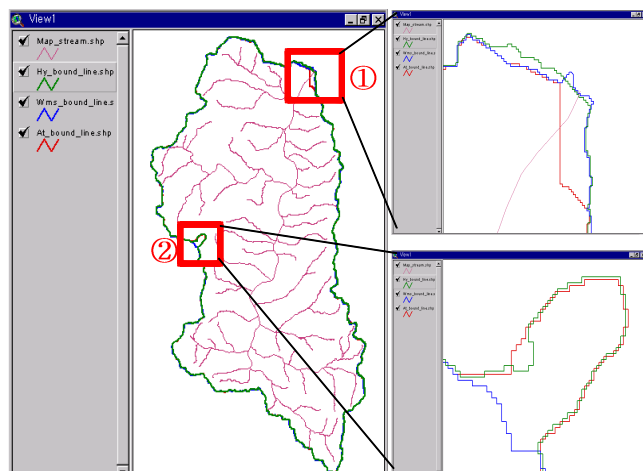


그림 3. 유역경계 비교

용하여 하천망과 유역경계를 추출하고, 추출된 그리드 데이터를 벡터화 시키는 기술에도 영향을 받게 된다. 표 2에서 HyGIS에서 산정한 유역면적, 유역평균 고도, 유역평균경사는 WMS의 계산 결과와 유사한 값을 나타내고 있으며, 하천에 대한 지형인자는 다른 프로그램보다 크게 산정되는 경향을 보이고 있다.

표 2. 지형인자 비교

항목	HyGIS	WMS	Arc Hydro Tools
유역면적(AREA, km ²)	263	263	263
유역둘레 길이(P, m)	111660	117250	115320
유역평균고도(AVEBEL, m)	163.12	163.93	-
유역평균경사(AVEBS, m/m)	0.212009	0.2196	-
최대유하거리(MFD, m)	37509	35841	35573
최대유하거리경사(MFS, m/m)	0.030063	0.0103	-
최대하천연장(MSL, m)	36100	34407	34139
최대하천연장경사(MSS, m/m)	0.022328	0.0044	-

5. 결론

본 연구에서는 HyGIS를 이용하여 추출된 유역의 지형인자의 타당성을 검토하는 것에 대해서 수행되었다. 검토결과 유역면적, 유역평균고도, 유역평균경사는 WMS v6.1과 유사한 값을 보이고 있으며, 하천에 대한 지형인자는 다른 프로그램보다 다소 크게 산정되는 경향을 보이고 있다. 이는 추출된 하천망이 서로 다르기 때문에 나타나는 현상으로 볼 수 있다. HyGIS에서 하천망의 추출기능을 좀더 개선할 경우 좀더 양호한 결과를 도출 할 수 있을 것으로 사료된다.

6. 향후 연구과제

DEM을 이용하여 유역의 수문학적 지형인자를 계산하기 위해서는 추출되는 하천망의 정확성에 영향을 크게 받는다. 또한 추출되는 하천망은 DEM의 보정기술과 하천망의 벡터화 기술에 의해서 그 결과가 달라진다. 따라서 향후 HyGIS에서의 DEM보정기능 및 그리드 데이터의 벡터화 기술을 개선할 경우 좀더 정확한 유역의 수문학적 지형인자를 추출할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비 지원(과제:1-2-1)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. David R. Maidment(2002). Arc Hydro GIS for Water Resources, ESRI Press.
2. Lacroix, M. P., Martz, L.W., Kite, G.W. and Garbrecht, J. (2002). Using digital terrain analysis modeling techniques for the parameterization of a hydrological model. Environmental Modelling & Software, 17 (2002). 127-136
3. Garbrecht, J. and Martz, L.W. 1998. The treatment of flat areas and depressions in automated drainage analysis of raster digital elevation models. Hydrological processes, v.12 no.6, pp.843-855)