

# 효과적인 유역자료 추출을 위한 DEM 전처리 방법의 비교

Comparison of DEM Preprocessing Method for Efficient Watershed Data Extraction

\* 정 인 균 · 김 성 준 (건국대)

\* Jung, In-Kyun · Kim, Seong-Joon

## Abstract

Watershed boundary and stream network can be extracted from DEM(Digital Elevation Model) using GIS software such as ARC/INFO or ArcView Spatial Analyst. However, there exist many errors in the generated watershed boundary and stream network just by operating sink removal function of the present software. This paper present the error reducing method to delineate watershed boundary and generate stream network especially in plane areas by using stream burning techniques known as Fillburn and Agree burn. These preprocessing techniques of DEM dramatically decreased the errors comparing with the results by no-burn DEM.

## I. 서론

DEM은 수문학 관련 GIS 적용분야에서 가장 중요한 데이터의 하나로 활용되고 있으며, 수문분석의 첫 번째 단계에서 사용되는 자료로서 하천망 추출, 유역경계 정의 및 면적산정, 흐름방향도 작성, 하천차수, 하천경사, 유역내 표고, 경사, 방향분포 등의 분석이 가능하다. 이러한 유역수문인자는 ARC/INFO GRID모듈 또는 ArcView Spatial Analyst 등을 이용하면 자동으로 추출할 수 있으나 DEM의 전처리를 하지 않은 경우 기복이 낮은 평야, 호수 부분의 하천망은 평행 및 중복되는 오류가 다수 발생하며, 유역경계의 왜곡 및 소유역 경계 분할에 용이하지 않게 된다. 이러한 자료들은 NGIS 자료와 많은 차이를 나타내며, 정확도를 갖는 유역수문인자 추출이 어렵다.

최근에는 DEM에 의한 수문 정보 추출시 실제 하천자료와의 오차를 줄이기 위하여 DEM의 전처리 방법이 연구되고 있다. Saunders and Maidment(1996)는 USGS 1:100,000 scale DLG 하천망도와 1:250,000 scale DEM을 이용한 "stream burning" 기법을 적용하여 효과적인 유역 추출 방법을 제시하였고, Garbrecht and Martz(1997)는 기존 DEM 처리방법에서 함몰지역과 평평한 면 위의 흐름 유도와 관련한 취약점을 해결하고자 TOPAZ (TOPographic PArameteriZation)를 개발하였으며, Hellweger (1997)는 DEM표면에 하천에 해당하는 트렌치를 형성하는 알고리즘을 적용하여 표면을 재구성하는 "Agree.aml"을 개발하여 추출된 하천망과 GIS자료 및 기존 DEM처리에 의해 추출된 하천망과 비교하였다. 국내에서는 성동권(2001)등이 Burn DEM을 이용한 유역 및 하도망 추출에 관한 연구에서 DEM의 Stream-burning 기법을 적용하였으나, DEM을 이용한 유역의 자료 생성 및 모델 적용의 경우 Stream-burning기법과 같은 DEM의 전처리를 적용한 사례가 적다.

본 연구에서는 안성천유역의 DEM을 이용하여 Fillburn, Agree burn의 DEM 전처리 방법을 적용하고, 추출된 하천망과 유역경계의 비교 및 Horton-Strahler의 하천지형 법칙 적용을 통해 수자원단위지도 및 수치지도에서 추출한 하천망과 정량적으로 비교함으로써 안성천유역의 DEM을 활용한 수문학적 분석에 적합한 DEM전처리 알고리즘을 제안하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1. 유역자료 추출을 위한 DEM 전처리

#### 2.1.1. Filling

DEM의 에러는 대부분 Sink나 Peak로 분류되며 그중 Sink가 대부분을 차지한다. Sink는 주변을

둘러싸고 있는 격자보다 낮은 값을 가지고 있는 영역으로 DEM에 Sink와 같은 에러가 존재하면 흐름방향이 정의되지 않아 정확한 흐름방향을 정의할 수 없으므로 Sink를 제거하는 전처리가 필요하며, ARC/INFO GRID모듈의 **FILL** 명령을 이용하면 제거할 수 있다.

### 2.1.2. Fillburn

Fillburn은 기존 DEM을 이용하여 생성된 하천망이 평야·저수지 부분에서 중복 및 평행 형상을 보이게 되므로 실제하천과 비슷한 하천망을 추출하기 위해 개발되었다. Fillburn DEM의 생성과정은 벡터하천망 자료를 격자형태의 하천망으로 변환하고 Grid 연산을 통해 고도값을 가지는 하천망을 생성한 다음, 원본 DEM에 1,000m를 더해 생성된 두가지 자료를 병합하여 줌으로서 하천이 주변의 다른 격자의 고도값보다 낮은 값을 갖도록 하고, 흐름방향이 정의될수 있도록 FILL 명령을 수행한다.

### 2.1.3. Agree.aml(Surface Reconditioning System)

Agree.aml은 1997년 Hellweger에 의해 제안된 알고리즘으로 Burn DEM에 비해 유클리드거리를 계산하는 지도대수함수를 적용한 복잡한 계산과정에 의해 DEM을 처리하는 Surface Reconditioning System이며, ARC/INFO Macro Language로 개발되었다.

## 2.2. 하천망 및 유역경계 생성

본 연구에서는 DEM을 이용한 하천망 및 유역경계 생성을 위하여 ARC/INFO의 GRID 모듈과 ArcView를 사용하였다. 하천추출을 위한 임계값은 100을 적용하였고, 유역경계 추출을 위한 임계값은 500을 적용하였다.

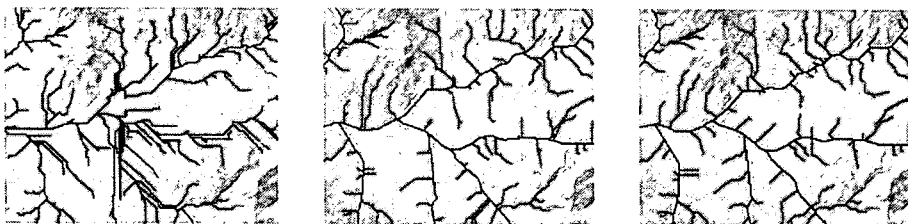
## 2.3. 하천지형법칙

본 연구에서는 DEM 전처리방법에 따라 생성된 하천의 형태학적 특성을 정량적으로 분석하기 위하여 Horton(1945) 및 Strahler(1952)의 하천차수 개념을 이용하였다. Horton- Strahler 방식은 하천에 대한 가장 보편적인 순위지정방식이며, 각 하천차수가 하천수, 하천평균연장 및 하천평균경사 등과 비례한다고 볼 때 다음 식으로 표시할 수 있다.

$\ln N_u = A - B \cdot u$ .....	(1)	$u$ :	하천차수
$\ln L_u = C - D \cdot u$ .....	(2)	$N_u$ :	u차 하천의 수
$\ln S_u = E - F \cdot u$ .....	(3)	$L_u$ :	u차 하천의 평균연장
		$S_u$ :	u차 하천의 평균경사
		A, B, C, D, E, F :	유역특성 상수

## III. 결과 및 고찰

### 3.1. 하천망 비교



a. NB vs NGIS stream      b. FB vs NGIS stream      c. AB vs NGIS stream

Fig. 1. Comparison of stream network with an edited NGIS 1:25,000 scale stream layer.

DEM의 sink만을 제거한 경우 평지부분의 하천이 평행하게 중복되어 추출되었으나 Fillburn과 Agree burn의 경우 평행하게 중복되어 추출되는 현상이 감소하였다.

### 3.2. 유역경계의 비교

DEM을 이용한 유역경계추출 결과를 수자원단위지도상의 유역경계와 비교한 결과 평지부분의 유역경계 분할에서 각 전처리방법에 따라 차이를 나타내었다. Fig. 2의 화살표는 유역경계의 모양이 WAMIS의 유역경계와 많은 차이를 나타내는 부분으로 stream burning을 적용하지 않은 경우 110102 소유역 상단부에 오류가 발생하였으며, 평지가 집중되어 있는 110107~110110 소유역은 유역경계의 분할이 불가능하였다. 이는 Stream burning을 적용하지 않은 DEM에서 평지부분의 흐름방향이 평형으로 계산되는 경우가 많아 유역경계 추출에 부적합한 Stream link가 형성되기 때문으로 판단된다. 그러나 Fillburn과 Agree burn에 의해 추출된 유역경계는 WAMIS의 경계와 대부분 일치하는 결과를 나타내었다.

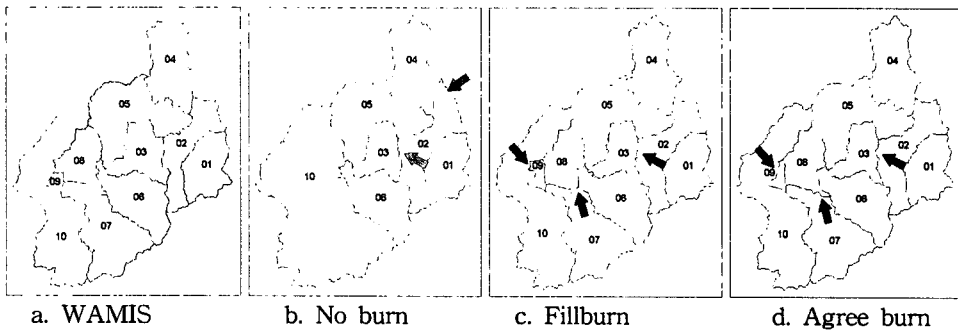


Fig. 2. Comparison of watershed with an WAMIS watershed layer.

### 3.3. 하천지형법칙 적용

하천의 차수, 하천평균연장, 하천평균경사를 분석한 결과는 Table 1과 같고, 식(1)~(3)의 Horton-Strahler의 하천지형 법칙에 적용하여 유역특성상수를 유도한 결과는 Table 2와 같으며, 이를 도식화하면 Fig. 3과 같다. Table 2의 결과에서 Fillburn과 Agree burn에 의한 방법이 Stream burning을 적용하지 않은 방법보다 상관계수가 높았으며, Fig. 3의 결과에서는 Fillburn과 Agree burn에 의한 방법이 수치지도에서 추출한 하천망과 비슷한 규칙성을 나타냄을 알 수 있었다.

Table 1. Computed stream number, average length and average slope from stream network.

Order	L (km)	N	A/L (km/L)	A/S (%/S)	Order	L (km)	N	A/L (km/L)	A/S (%/S)	Order	L (km)	N	A/L (km/L)	A/S (%/S)			
No Burn	1	906.911	1912	0.474	5.75	Fill burn	1	762.505	1826	0.418	6.86	Agree Burn	1	754.72	1804	0.42	6.91
	2	357.129	421	0.848	4.17		2	308.829	393	0.786	5.64		2	313.11	386	0.81	5.48
	3	178.930	93	1.924	2.52		3	165.281	86	1.922	3.70		3	169.67	78	2.18	3.29
	4	86.330	19	4.544	1.90		4	90.893	20	4.545	2.46		4	80.91	16	5.06	2.38
	5	65.649	5	13.130	1.48		5	65.371	5	13.074	1.38		5	59.27	4	14.82	1.38
	6	10.530	2	5.265	0.17		6	16.055	1	16.055	0.42		6	16.08	1	16.08	0.41
	7	7.142	1	7.142	0.32												
Total	1612.620	2453			Total	1408.934	2331			Total	1393.75	2289					

Table 2. Results of Apply to Horton-Strahler's Rule on the morphology of stream from DEM

	Law of stream number				Law of average stream length				Law of average stream slope			
	A	B	R	R <sup>2</sup>	C	D	R	R <sup>2</sup>	E	F	R	R <sup>2</sup>
No Burn	8.5240	-1.2961	0.992	0.984	-0.8925	0.4895	0.883	0.780	2.5503	-0.5572	0.921	0.847
Fillburn	8.9673	-1.4886	0.999	0.999	-1.6876	0.7869	0.991	0.983	2.7467	-0.5317	0.960	0.921
Agree burn	8.9397	-1.5080	0.999	0.999	-1.6486	0.7944	0.987	0.975	2.7153	-0.5324	0.962	0.926

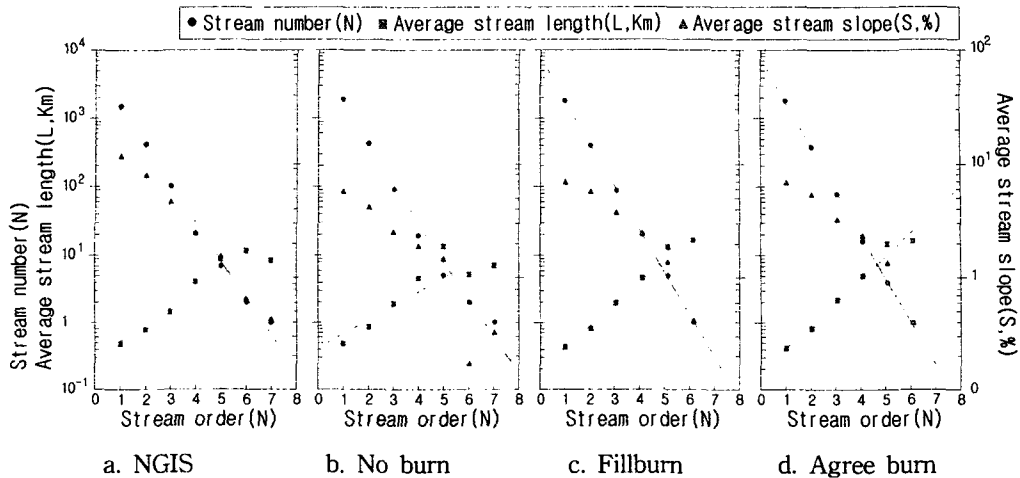


Fig. 3. Comparison of Apply to Horton-Strahler's Rule on the morphology of stream from DEM

#### IV. 결론

DEM을 이용하면 유역경계 및 하천망을 자동으로 생성할 수 있을 뿐만 아니라 유역 경사 등의 지형학적인 인자의 추출도 가능하며 유역의 수문학적 특성인자의 분석이 간단하여 많은 수문모형에서 DEM을 기본자료로 사용하고 있다. 그러나 DEM의 전처리 없이 유역자료를 추출하게 되면 실제 하천의 형상과 다른 흐름을 갖게 되는 왜곡이 발생하게 된다.

본 연구는 안성천 유역의 DEM을 이용하여 유역자료 추출에 적합한 DEM전처리 방법을 제안하기 위하여 수행되었다. DEM의 sink 만을 제거하고 유역자료를 추출하는 기본 방법에서는 기복이 낮은 평지 및 저수지의 하천망에서 평형 중복의 오류가 다수 나타났으나 Fillburn, Agree burn을 적용한 방법에서는 평형 중복의 오류가 현저하게 감소하였다. 유역경계의 경우 전처리를 하지 않은 경우 기복이 낮은 부분에서는 소유역경계를 정의할 수 없는 지역이 나타나거나 유역경계의 형상이 왜곡된 부분이 나타났으나 전처리를 적용한 경우 수자원 단위지도의 유역경계와 비슷하게 정의되는 결과를 나타내었다. 추출된 하천망의 정량적인 분석을 위하여 Horton-Strahler의 하천지형 법칙을 적용하여 수치지도에서 추출한 하천망과 비교한 결과 평지가 많은 안성천유역의 DEM은 Agree burn에 의한 전처리가 상관계수가 높게 나타났으며, Stream burning을 적용한 DEM으로부터 추출한 하천망이 수치지도에서 추출한 하천망과 비슷한 규칙성을 가지는 것을 알 수 있었다. 향후 DEM의 해상도 변화 및 논지역의 관개배수망을 고려한 DEM 전처리에 관한 연구도 필요할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

1. 성동권, 조기성, 2002, BurnDEM을 이용한 유역 및 하도망 추출에 관한 연구, 대한토목학회지, 22권2-D호. pp.293-301.
2. 안승섭, 조명희, 1999, 지리정보시스템을 이용한 하천유역의 지상학적 특성분석, 한국지리정보학회지 2권3호. pp. 23-34.
3. Hellweger, F.L. 1997. AGREE - DEM surface Reconditioning System.  
URL : <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/gishydro/ferdi/research/agree/agree.html>
4. Horton, R. E. 1945. "Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology." Bull. Geol. Soc. of America, Vol 56, pp. 275-370.
5. Maidment, D. and Djokic, D., 2001, Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems, Independent Pub Group.
6. Strahler, A. N., (1952), Hypsometric(area-altitude) analysis of erosional topography, Geological Society American Bulletin, Vol. 63, pp.1117-1142.