

Topogrid를 이용한 준평야지의 유역자동추출에 관한 연구 A study on the Watershed Auto-Delineation of Low Topographic Relief Landscape Using Topogrid

김동인* · 이근상** · 이환주** · 조기성***

Kim, Dong-In · Lee, Geun-Sang · Lee, Hwan-Ju · Cho, Gi-Sung

요 旨

유역추출은 수문학적 유역을 인식하기 위해 지표면을 흘러가는 물의 흐름을 추적하는 과정이다. 지표면의 물 흐름과 유역을 수작업 및 자동으로 추적하는 기법들이 개발되어 왔다. 그러나, 준평야지는 지형 특성상 유역추출에 많은 어려움을 내포하고 있기 때문에 본 연구에서는 준평야지의 유역추출알고리즘을 개발하는데 그 목적을 두고 있다. 본 연구에서는 topogrid를 이용한 강제배수 알고리즘과 하천자료에 지형자료를 연계함으로써 준평야지의 유역을 추출하였다. 본 연구를 수행한 결과 준평야지에서는 단순히 TIN을 구성하여 유역추출을 위한 Source Grid를 생성하는 것 보다 Topogrid를 이용한 강제배수 알고리즘이 유역추출을 위한 좋은 Source Grid를 생성해 줌을 알 수 있었다. 또한 준평야지에서 표고와 하천자료를 연계하여 유역을 자동추출하여 수작업에 의한 유역과 비교한 결과 상당히 좋은 결과를 나타냄을 알 수 있었다.

ABSTRACT

Watershed delineation is the process of tracing surface water flow across a landscape to identify hydrologic basins. Manual and automated techniques have been developed to trace surface waters and locate watersheds on a variety of landscape. Low topographic relief landscapes, however, are particularly problematic for automated watershed delineation techniques. Therefore, this study aims at focusing the watershed delineation algorithm of low topographic relief landscape. By using topogrid, which manages enforcement drainage algorithms and incorporates topographic data into stream data, this study delineates watershed boundary in low relief landscape. Based on this research, in a low topographic relief landscape, enforcement drainage algorithms using topogrid generate better source grid to delineate watershed boundary than using only TIN. Also, comparing automated watershed delineation which incorporates contours and elevations into stream data with manual watershed delineation, we can know that the incorporation of both elevation and stream data generate more effective results.

1. 서 론

물은 인간이 살아가는데 있어서 필수 불가결한 자원이지만 인구증가와 생활수준의 향상, 도시화 및 공업화 등으로 물의 수요가 급격히 증가함에 따라 물의 공급이 수요에 미치지 못하여 심각한 용수난에 직면하고 있다.

특히 우리 나라 대부분의 하천은 유역면적이 작고 유로 연장이 짧으며 산지가 많은 유역여건 때문에 연간 하천유량의 변동이 극심하여 수자원개발 및 관리라는 측면

에서 많은 어려움이 있다. 따라서 적은 시간과 경비로 광범위한 지역에 대한 정확한 수문학적 지형정보를 획득할 수 있는 방법을 개발하고 획득된 정보를 이용하여 보다 효율적으로 한정된 수자원을 관리할 수 있는 방법을 개발하기 위하여 많은 수문학자들이 노력을 기울이게 되었다.¹⁾

GIS(Geo-spatial Information System)는 수문현상에 영향을 미치는 기상학적 요인, 토양, 토지이용도, 배수망, 배수유역의 형태 등 수문정보를 획득할 수 있는 학문체계이며 기존의 자료 추정방법보다 효과적으로 유역의 형태학적·기상학적인 특성을 시간과 인력을 절약하여 정확화 할 수 있게 하였다. 특히 정확한 배수유역을 추출하는 문제는 수문학적인 문제를 해결하기 위하여 선행되어야 할 과제로서 등고나 표고와 같은 지형자료를 이

*전북대학교 대학원 토목공학과 석사

**전북대학교 대학원 토목공학과 박사과정

***전북대학교 공과대학 토목 환경공학부 부교수,
전북대학교 공업기술연구소 연구원

용하여 유역경계를 추출하는 알고리즘이 개발되었다. 하지만 기존의 알고리즘이 등고가 조밀한 산간지에서는 정확한 유역을 추출해 내지만 등고가 적은 준평야지에서는 유역추출에 많은 어려움이 있는 것이 현 실정이다.²⁾

본 연구에서는 TOPOGRID를 활용한 알고리즘을 이용하여 경사가 완만한 준평야지의 유역을 추출할 수 있는 기법을 연구하였으며 그 결과를 수작업에 의한 유역과 상호 비교함으로써 자동 추출한 유역을 평가하는데 목적이 있다.³⁾

2. 일반적인 유역추출 알고리즘

2.1 과정

수치표고모델(DEM)로부터 유역의 경계를 추출하는 과정은 그림 1과 같은 단계로 이루어진다.

첫째, 이용 가능한 자료를 보간 및 조합하여 DEM Grid를 구성한 후 유역경계 추출에 장애가 되는 부분적인 함몰(Sink)을 검사하여 제거한다.

둘째, 함몰이 제거된 Grid는 대상지역을 지나는 지표수의 흐름방향을 계산하기 위하여 이용되며, 생성된 격자형 흐름 방향도는 각 유출구에 영향을 미치는 지역을 결정하고 유역경계를 추출하기 위하여 이용된다.

셋째, 상대적으로 낮은 셀로 유입되는 모든 셀의 합을

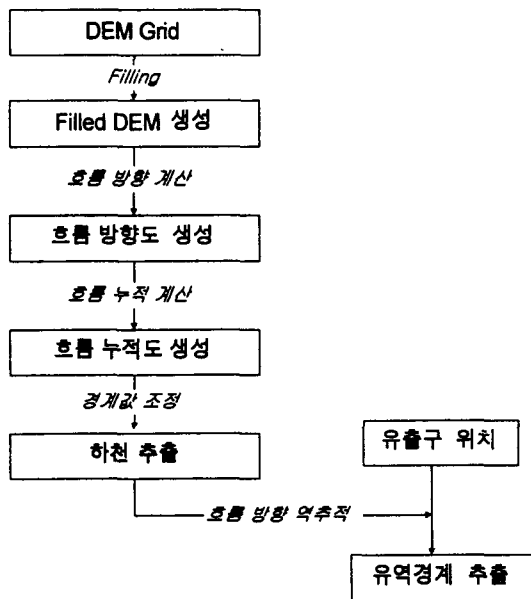


그림 1. 일반적인 유역추출 흐름도

분석하여 누적된 물의 이동을 계산한다. 격자형 흐름 누적도에서 높은 값을 가지는 셀은 물이 흐르는 하천을 나타내며 0의 값을 가지는 셀은 능선을 나타낸다.

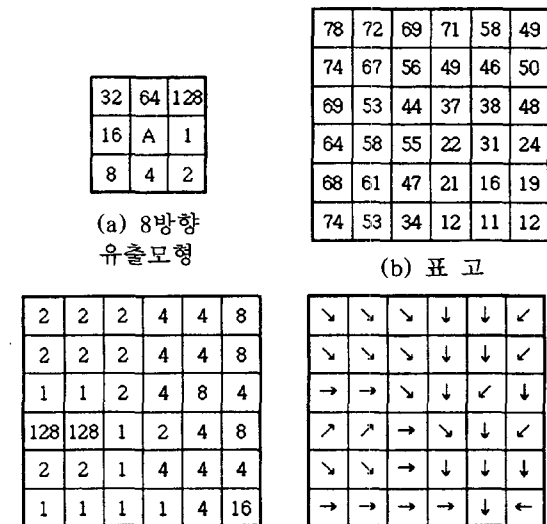
넷째, 각 유출구에 영향을 미치는 지역을 역추적하여 유역경계 및 하천을 추출한다.³⁻¹¹⁾

2.2 흐름 방향(Flow direction)계산 과정

수치표고모델로부터 수문학적 특성정보를 추출하는 가장 중요한 과정은 Grid의 모든 셀로부터 흐름의 방향을 결정하는 것인데, 지표수를 흐르는 물의 방향은 각 지점에서의 경사에 의하여 결정되며 경사는 각 셀로부터의 최대 경사변화율의 방향이다.

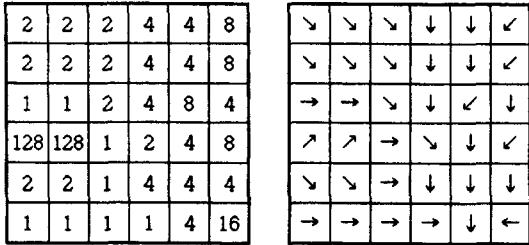
수치표고모델로부터 유역경계를 추출하는 방법은 그림 2의 (a)와 같은 8방향 유출모형을 사용하여 결과값을 1에서 255까지의 정수값으로 할당하는데 중심셀의 각 방향에 대한 정수값은 그림 2의 (b)와 같이 주어진다. 이 모형에서는 임의의 셀을 중심으로 인접한 8개 셀의 표고값을 비교하여 최대경사를 갖는 셀 방향을 결정하게 된다. 예를 들어, 최대경사의 셀 방향이 왼쪽이라면 흐름의 방향은 16이 된다. 또한 표고값의 변화가 같은 경우 결과값은 8방향 유출모형에 표현된 값의 합이 되는데 이런 경우 흐름의 방향은 정의되지 않는 것으로 간주된다.

예를 들어, 처리되는 셀의 최대 경사의 방향이 오른쪽과 아래쪽이 같다면 그 셀에 할당되는 값은 1+4인 5가

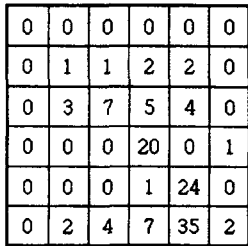


(c) Flowdirection grid

그림 2. 흐름 방향도 모형



(a) Flowdirection



(b) Flowaccumulation

그림 3. 흐름 누적도 모형

되며 이와 같이 정의되지 않은 값을 갖는 셀은 합물로 표시되어 있다. 만약 인접한 모든 셀의 경사가 같다면 최대경사의 셀이 발견될 때까지 확장되어진다. 그림 2의 (c)는 흐름 방향도 모형을 물의 흐름 방향과 함께 셀 단위로 표현하고 있다.^{3,7-11)}

2.3 흐름누적(Flow accumulation) 과정

흐름누적 과정은 상대적으로 표고가 낮은 임의의 셀로 유입되는 상류방향의 셀 숫자를 결과값으로 할당한다. 할당된 값이 높은 셀은 지표수가 집수되는 지역으로서 자연하천을 추출하는데 이용된다. 또한 할당된 값이 0인 격자는 국부적으로 지형이 높은 곳으로서 능선으로 간주될 수 있다.

그림 3은 흐름 누적도 모형을 나타내고 있다.^{3,7-11)}

2.4 하천 추출

흐름 누적도에 임의의 경계값을 부여하여 집수된 셀의 숫자가 높은 셀을 선택함으로써 하천을 추출할 수 있다. 예를 들어 경계값을 100으로 설정한다면 유입되는 셀의 수가 100이상이 되는 셀들에 1이라는 값이 할당되며 그 이외의 셀들에는 NODATA가 할당된다.

즉 경계값들이 작아짐에 따라 생성되는 하천은 보다 상세하게 표현된다.

DEM으로부터 누적된 흐름을 추출하는 방법은 Jensen 과 Domingue(1988)에 의하여 제안되었으며, 하천을 추출시 적절한 경계값을 설정하는 것이 매우 중요하다.^{3,7-11)}

2.5 유역경계추출

유역이란 동일한 유출구로 물이 배수하는 지역으로 유출구는 임의의 지역으로부터 물이 유입되는 지점으로써 유역경계선에 연결되는 가장 낮은 지점이다. 유역의 경계를 추출하는 과정은 먼저 선택한 유출구를 중심으로 3×3의 유동창을 이용한다. 만약 주변셀의 방향이 중심셀을 향하거나, 경사가 사용자에게 의하여 선택된 초기값보다 작으면 주변셀은 같은 유역의 상류로 간주된다. 알고리즘을 반복적으로 수행하여, 일단 상류방향의 인접셀이 발견되면 그 셀은 같은 유역에 속하는 것으로 표시되며, 3×3 유동창은 인접셀의 처리를 위해 다음셀로 이동하게 된다. 이 단계에서 알고리즘은 인접셀들을 분석하여 다시 상류방향의 셀을 검사하기 시작한다. 알고리즘은 유역의 경계선을 만나거나 또는 Grid의 경계에 접할 때까지 반복된다.^{3,7-11)}

3. 개선된 유역추출 알고리즘

3.1 배수강제 알고리즘

공간자료 입력과정에서 저수지와 같은 지형은 자료내에서 합물로 지정하여 저수지의 지형적 특성을 표현하게 된다. 배수강제 알고리즘은 입력과정 중 공간자료를 합물로 지정하지 않았음에도 불구하고 출력 DEM에서 생성되는 합물을 제거하는데 목적을 두고 있다. 즉 각각의 합물을 둘러싸고 있는 배수지역내에서 가장 낮은 안부점을 경유하는 하천을 추론하여 DEM을 수정함으로써 불필요한 합물을 제거하게 된다.

Grid 보간과정 중 합물과 안부점의 특징을 살펴보면, 합물이란 처리하고자 하는 셀이 인접한 8개의 셀에 비해 가장 낮은 표고값을 갖는 반면, 안부점은 인접한 8개의 셀중 최소한 2개 이상이 처리하고자 하는 셀보다 높은 표고값을 갖는다.

배수강제 알고리즘의 핵심은 자료보간 과정에서 발생하는 각각의 합물은 최소한 하나 이상의 안부점을 포함하고 있는 유역 분수계로 둘러싸여져 있다는 것을 인식하는 것이다. 만약 합물이 표고와 관련이 있고 가장 낮은 안부점이 표고와 관련이 없다면, 가장 낮은 안부점은

함몰을 제거하기 위하여 수정되는 Grid영역을 확인하게 된다. 반면에, 가장 낮은 안부점이 표고와 관련이 있지만 함몰과는 관련이 없다면, 함몰과 직접 접하고 있는 격자는 자료점 안부의 표고만큼 표고가 높아지게 된다. 만약 함몰과 가장 낮은 안부 모두가 표고점과 관련이 없다면, 함몰과 가장 낮은 안부 주위에 있는 격자점들은 유역을 나타내도록 수정되어진다.

마지막으로 함몰 지점과 안부점이 표고와 관련이 있다면 사용자가 제공한 허용오차에 따라 배수강제알고리즘과 자료에 종속되는가라는 문제사이에서 선택권이 주어지는데 이와 같은 경우는 격자가 큰 해상도를 갖는 일반화된 DEM을 계산할 때 발생한다.

안부점은 함몰이나 Grid의 경계가 확인될 때까지 각 안부점으로부터최대경사 방향을 추적함으로써 함몰 지점들과 관련되어진다.

그림 4는 안부점들인 A, B, C, D, E가 점선으로 표

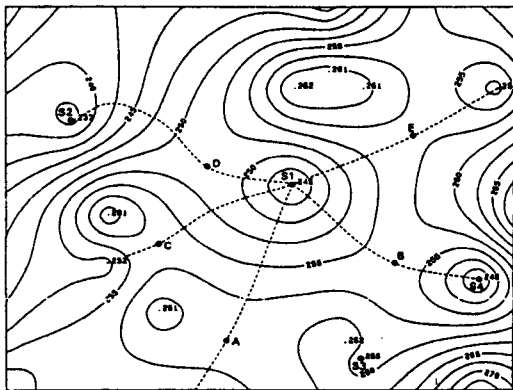


그림 4. 함몰과 안부점과의 관계

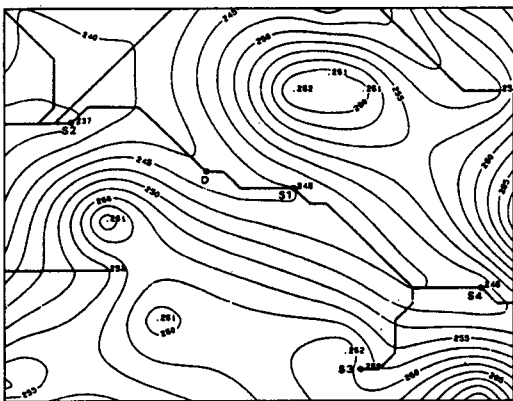


그림 5. 선형보간 예

시된 유하선을 경유하여 함몰 S1과 관련되는 과정을 설명하는 그림으로서, 보간시 함몰 S1은 주위의 안부점 중 가장 낮은 표고값을 갖는 안부점인 D와 연결되어지며 D는 다시 함몰 S2로 연결된다. 이때 함몰과 안부점간의 구간은 최대경사방향으로 선형보간됨으로서 함몰이 제거되는 효과를 가져온다.

그림 4의 예에서 함몰 S1과 관련된 가장 낮은 안부점은 D이며 이점은 표고 자료와 관련이 없기 때문에 S1보다 낮은 함몰 S2에 도달하도록 DEM이 수정되어진다.

그림 5는 안부점 D를 경유하여 함몰 S2로 선형보간되는 과정을 보여주는 것으로서 연차적인 선분이 D를 경유하여 S1부터 S2까지 삽입된다.

그림 5에 있는 각 선분은 연속적인 표고점들 사이에서 선형의 경사를 유지하도록 선분아래에 있는 격자들의 값들을 수정한다. 이와 같이 함몰과 안부점을 탐지하고 연차적인 선분을 삽입시키는 과정은 상당히 효과적이며 기본적인 보간 알고리즘보다 컴퓨터 처리시간 또한 줄어든다.¹²⁻¹⁴⁾

3.2 하천자료와의 조합

지형자료와 하천자료를 조합하는 방법은 배수강제 알고리즘에 의하여 제거되지 않는 함몰을 제거할 때와 표고 Grid내에 존재하는 유역의 예외상황을 수정하기 위하여 권장되는 방법으로 일반화된 표고모델을 보다 개선하는 방법이다.

Grid와 하천자료를 조합하기 위하여 먼저 입력된 하천이 하나의 선형으로 구성되도록 편집과정이 수행되어야 하는데, 교차되는 하천이나 평행한 하천제방, 호수 등은

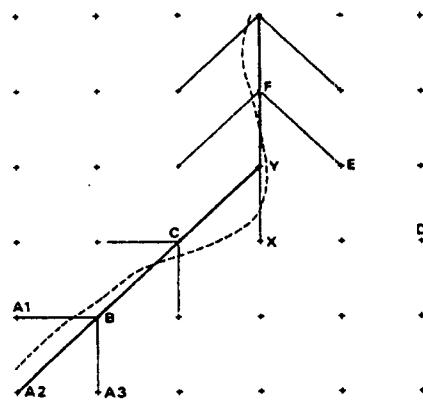


그림 6. 하천자료와 Grid의 조합

좋은 결과를 생성하는데 있어서 장애요인들이다.

하천선형과 이와 관련된 부수적인 조건을 Grid와 결합하는 방법은 그림 6에 나타내었다. 먼저, 점선으로 표현되는 아래쪽에서 윗쪽으로 흐르는 하천선형은 굵은 실선으로 표현되는 선분에 의하여 근사적으로 나타낼 수 있다. 초기에 하천의 일부분을 표현하였던 선분 CX, XY는 하나의 선분 CY로 대체된다. 이것은 각 하천을 나타내기 위하여 필요한 선분을 최소화하고, Grid상에서 불필요하게 큰곡률을 가진 곡선을 제거하게 된다. 가는 실선으로 표현되는 것처럼 부수적인 조건들이 첨가되는데 이 선분들은 곡선부(점Y)를 제외하고 하천의 주 방향에 대하여 45도를 이룬다. 여기에서 선분 XY에 의하여 표현되는 부수적인 조건은 더 낮은 하천선분 YF로부터 상향 확장됨으로서 얻어진다.

인접한 하나의 하위 선분과 상위 선분을 갖고 있는 B의 표고는 제한되어 경사는 점A1, A2, A3중 가장 낮은 점으로부터 C까지 거의 일정하다. 또한 하나의 하위선분을 갖고 있으나 상위 선분이 없는 E의 높이는 D(EF의 상향 확장)과 F사이에서 제한된다. 이러한 작용들은 표고점들이 각 하천선형 아래에서 선형의 경사를 유지토록 한다. 또한 하천은 항상 표고나 등고에 대하여 우선권을 갖고 있으며 각 하천의 경사와 상충되는 자료들은 무시되는데, 이렇듯 하천자료는 추가적인 지형정보를 보완하는 강력한 방법으로 유역추출을 위한 Source Grid의 질을 향상시킨다.¹²⁻¹⁴⁾

4. 적용 및 고찰

4.1 연구대상지역

연구대상지역으로는 연구특성상 두 지역을 선정하였다. 산간지 유역추출을 위한 대상지역으로는 전라북도 장수군 번암면 일대 약 48.96 km²이며, 준평야지 유역추출을 위한 대상지역으로는 전라북도 정읍시 동진강 일대 약 97.35 km²이다.

표 1. 자료 구축

자료 종류	내용
위성 DEM	100 m×100m자료
표고	100 m간격 표고 자료
등고	1:50,000 수치지도
수계망	1:50,000 수치지도

4.2 자료 구축

유역자동추출을 위한 도형자료는 표 1과 같다. 먼저 USGS(U.S Geological Survey)에서 구입한 100 m×100 m 정읍지역 위성 DEM자료, DEM으로부터 추출한 표고자료, 1/50,000 등고자료 그리고 1/50,000 수계망도를 본 연구에서 이용하였다.

4.3 산간지 유역추출

4.3.1 유역추출과정 및 결과

등고가 조밀한 산간지에 대한 유역자동추출 과정은 그림 7과 같다. 먼저 수치지도 1/50,000 등고 커버리지를 이용하여 TIN을 구성한 후, TIN을 유역추출을 위한 Source Grid로 변환한다. 구축된 Source Grid에 대해 Arc/Info 유역추출 함수를 이용한 유역자동추출 프로그램을 실행하여 유역을 추출하였다.

그림 8은 수작업으로 입력한 유역경계를 2차원 음영기복도 위에 중첩한 그림이며 그림 9는 각각 등고 커버리지로부터 자동 추출한 유역경계를 2차원 음영기복도 위에 중첩한 그림이다.

4.3.2 자동추출된 유역의 평가

그림 10은 수작업에 의한 유역이며 유역상에 표시된 문자들은 유역을 구별하기 위한 식별자로서 등고에서 추출한 유역과 Grid연산시 이용된다.

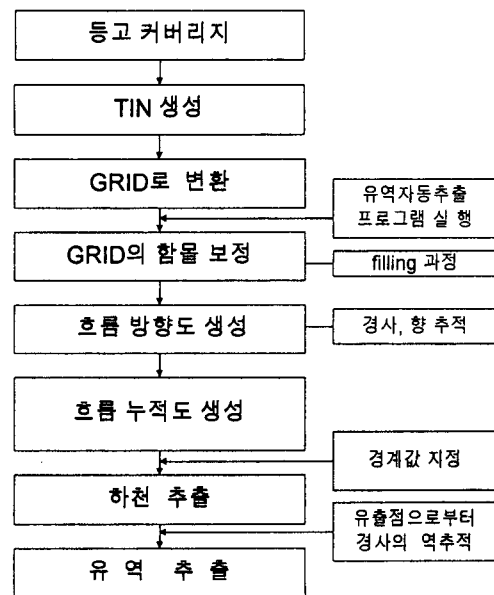


그림 7. 산간지 유역추출 흐름도

그림 11은 등고에서 추출한 유역이며 유역상에 표시된 문자들은 유역을 구별하기 위한 식별자로서 수작업에 의한 유역과의 Grid연산시 이용된다. 각각의 유역은 연산의 용이함을 위해 Grid로 표현하였으며 Grid연산을 이용

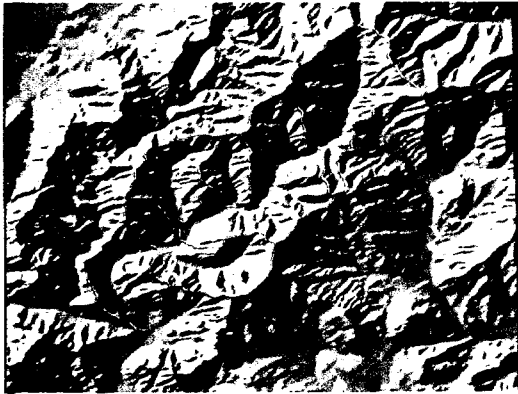


그림 8. 수작업에 의한 유역경계



그림 9. 등고에서 자동 추출한 유역경계

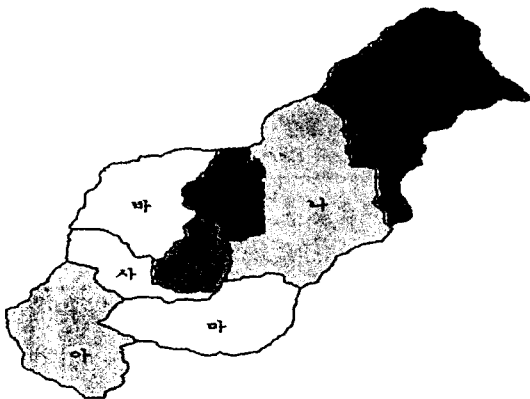


그림 10. 수작업에 의한 유역

하여 두 유역을 비교, 분석한 결과 표 2와 같은 결과를 얻었다. 표 2에서 자동 추출한 유역과 수작업에 의한 유역을 비교 분석한 결과 수작업으로 추출된 유역내 자동 추출된 유역의 평균점유 면적 비율이 98.94%로 나타났다. 따라서, 산간지의 유역추출은 수치지도상의 등고에 대해 유역추출 프로그램을 이용하여 효과적으로 추출할 수 있음을 알 수 있다.

4.4 준평야지 유역추출

4.4.1 DEM자료의 보정

표고가 완만한 준평야지에서는 수치지도상의 등고자료가 매우 적어 유역자동화를 위해서는 대상지역에 대한

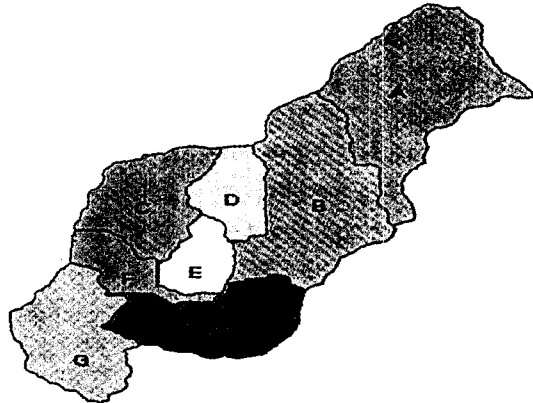


그림 11. 등고에서 자동 추출한 유역

표 2. 수작업에 의한 유역내 자동추출 유역의 점유면적 (셀수, %)

	가	나	다	라	마	바	사	아
A	4679 (99.89)							
B	5 (0.11)	4346 (99.98)	1 (0.08)	3 (0.30)				
C			1 (0.10)		2118 (99.25)			
D		1 (0.02)	1228 (99.92)	1 (0.10)	6 (0.28)			
E			975 (98.09)		4 (0.19)			
F			12 (1.21)		6 (0.28)	992 (94.93)	10 (0.38)	
G						9 (0.86)	2592 (99.42)	
H			2 (0.20)	2431 (100)		44 (4.21)	5 (0.19)	

표고자료가 필요하다. 효과적인 표고자료의 추출에는 위성 DEM을 이용하는 것이 바람직하다.

그림 12는 유역추출을 위한 Source Grid를 처리하는 과정을 나타내고 있다. 본 연구에서는 100m×100m 위성DEM을 이용하여 표고자료를 추출하였다. 이때 DEM은 UTM좌표계로 된 Ascii 파일로 되어 있어서 Arc/Info의 Ascigrd 명령어를 이용하여 Arc/Info의 Grid로 변환하였다. 연구 대상지의 Grid를 추출하기 위해 UTM좌표계로 된 대상지역 커버리지로 Grid를 clip하였다. 연구 대상지의 Grid는 UTM좌표계이므로 수치지도와의 비교 분석을 위해 TM좌표계로 변환하였다. TM으로 변환

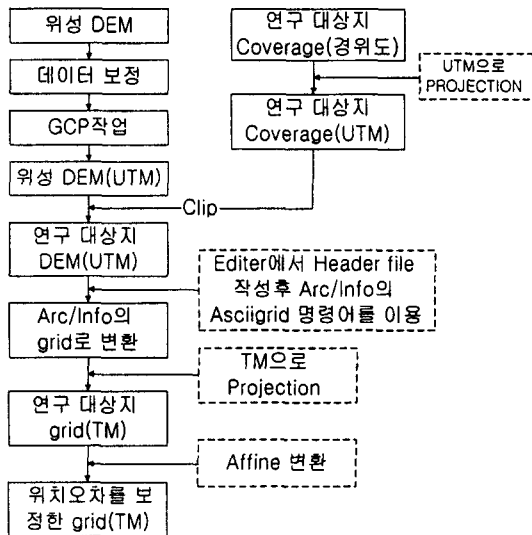


그림 12. 위성DEM 처리 흐름도

된 Grid를 이용하여 표고자료를 추출하기 전 위치정확도를 판정하기 위해 Grid에서 등고를 추출하여 해당지역 수치지도의 등고자료와 중첩 비교한 결과 수평오차가 X축 Y축으로 150~200m까지 발생함을 발견하였다. 격자 크기가 100m×100m이므로 격자수로 환산시 약 1~2개 정도의 오차가 발생한 것이다. 따라서 본 연구에서는 대상지역 Grid에 대해 Affine 변환을 실시하여 수평위치오차를 감소시켰다. 그림 13은 정읍지역 중 위치확인이 용이한 12곳을 선정하여 Affine 변환을 한 결과로서, Affine 변환 후 Grid가 0.015°회전하였고, RMS오차가 55.577m가 되어 격자 크기인 100m 이내로 들어옴을 확인하였다.

4.4.2 Topogrid의 적용

1) 과정

본 연구에서는 Topogrid를 이용하여 보간된 Grid를 생성하기 위해, 수치지도의 등고(C), DEM에서 추출한 표

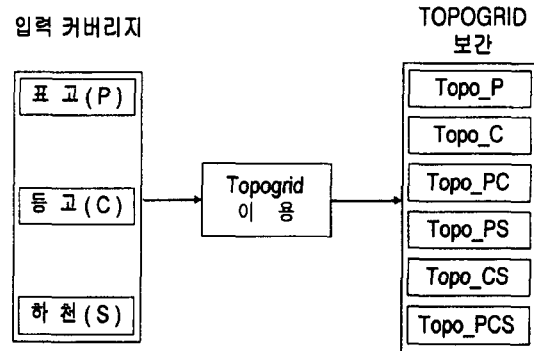


그림 14. Topogrid를 이용한 Grid 생성 흐름도

Scale (X,Y) = (99,914,100,137) Rotation = 0.015 degrees
RMS error (image cover) = (0,556,55.577)

Grid Evaluation : [In Coverage Coordinates]

Line ID	Calculated (X,Y)	True (X,Y)	Distance
1	191234,826,233583,681	191234,774,233557,353	26,318
2	195830,919,233122,928	195865,045,233118,401	35,418
3	188426,094,233695,455	193401,612,233697,010	25,104
4	196319,833,231956,972	198012,694,231970,271	15,094
5	196339,211,231351,312	195320,600,231354,683	19,756
6	190522,506,226451,802	192676,310,226396,565	77,111
7	188543,563,225360,767	193340,393,225343,140	82,435
8	181953,510,225384,817	181855,995,225372,200	38,420
9	178936,810,221778,879	179058,971,221737,576	33,138
10	181142,540,233505,370	181110,435,233554,297	58,520
11	181730,476,238414,843	181771,550,238398,339	44,265
12	184234,407,234099,012	184205,324,234111,992	31,848

그림 13. Affine변환 결과

고(P), 수치지도의 하천(S)을 이용하였다. 또한 각각의 자료를 여러 형태로 조합하여 Topogrid를 이용한 Grid를 생성하였다.

Topogrid를 이용하여 생성된 Source Grid와 등고에서 TIN을 구성하여 생성한 Source Grid와는 많은 합몰갯수의 차가 발생함을 확인하였다. 그림 14는 Topogrid를 이용한 Grid생성 흐름도이다.

2) Topogrid

Arc/Info의 Topogrid함수를 이용하여 다양한 형태로 보간된 Grid를 생성하게 된다. Topogrid는 강제배수 알고리

즘을 기본으로 하고 있으므로 수문학적으로 볼 때 유역을 효과적으로 추출하기에 좋은 Grid를 생성시켜 준다. 이때 생성된 Grid는 표고, 등고 그리고 하천을 조합하여 50m×50m의 격자로 구축하였다.

그림 15는 표고와 하천을 조합하여 Topogrid를 이용함으로써 생성한 Grid이며 대상범위는 정읍지역일대이다. Topogrid를 이용하여 보간된 Grid를 생성할 때, 합몰이 발생하는 지역은 Filling과정을 거치게 되며, 또한 강제배수 알고리즘으로 Grid내의 하천정보를 포함하게 된다.

그림 16과 그림 17은 각각 Topogrid를 생성 시 Grid내에 포함되어 있는 합몰과 하천을 나타내고 있다.

4.4.3 유역추출과정 및 결과

1) 과정



그림 15. Topogrid로 생성된 Grid



그림 17. Topogrid로 생성된 하천

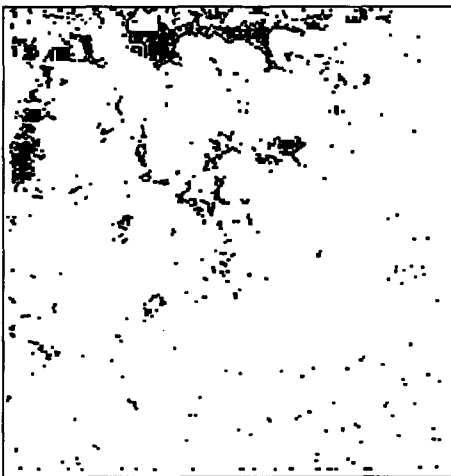


그림 16. 생성된 Grid내의 합몰

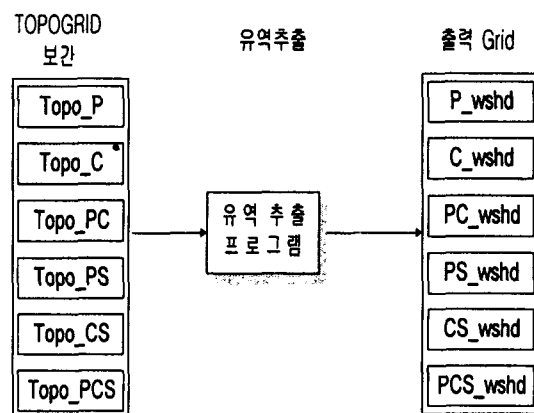


그림 18. 준평야지 유역추출 흐름도

유역추출을 위한 Source Grid가 Topogrid를 이용하여 구축되면 유역추출 프로그램을 이용하여 유역을 자동으로 추출할 수 있게 된다.

그림 18은 Topogrid로 생성된 Grid에 대해 유역추출 프로그램을 실행하여 유역을 자동으로 추출하는 과정 및 추출된 유역명을 나타내고 있다.

2) 유역추출결과

본 연구에서는 정읍지역중 준 평야지로 판단되는 동진강 일대 약 97.35 km² 일대를 연구대상지로 정하였고 이 지역에 대해 수작업에 의한 유역을 Grid로 구축하였다.

그림 19는 수작업에 의한 유역이며 유역상에 표시된

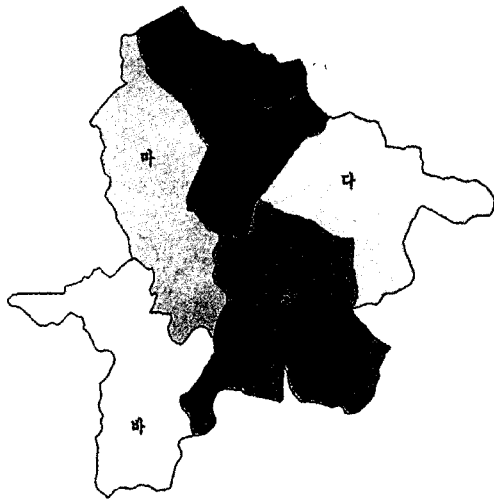


그림 19. 수작업에 의한 유역

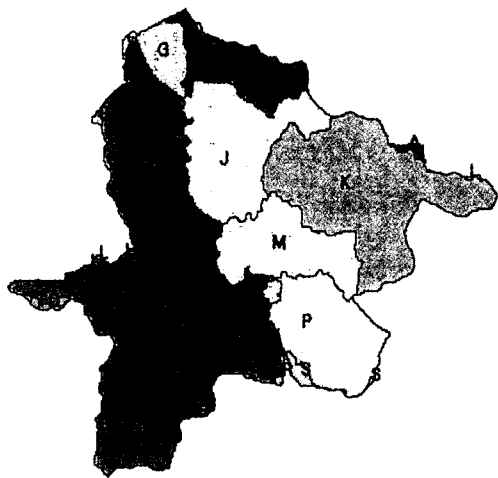


그림 20. 표고와 하천에서 자동 추출한 유역

문자들은 유역을 구별하기 위한 식별자로서 자동 추출한 유역과 Grid연산시 이용된다.

그림 20과 그림 21은 Topogrid로 생성된 여러 가지 형태의 Grid에 대해 유역추출 프로그램을 실행하여 자동 추출된 유역들이며, 각각의 유역에 표시된 문자들은 유역을 구별하기 위한 식별자로서 수작업에 의한 유역과

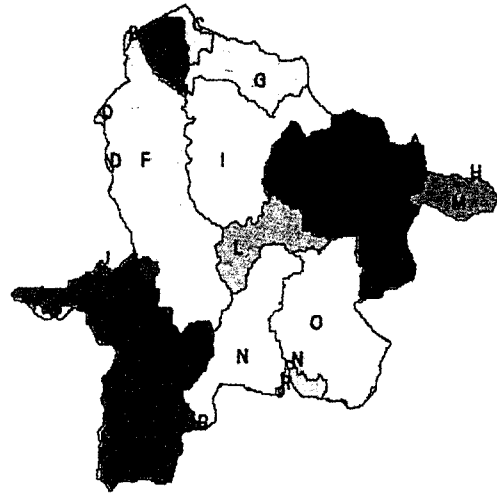


그림 21. 표고, 등고, 하천에서 자동 추출한 유역

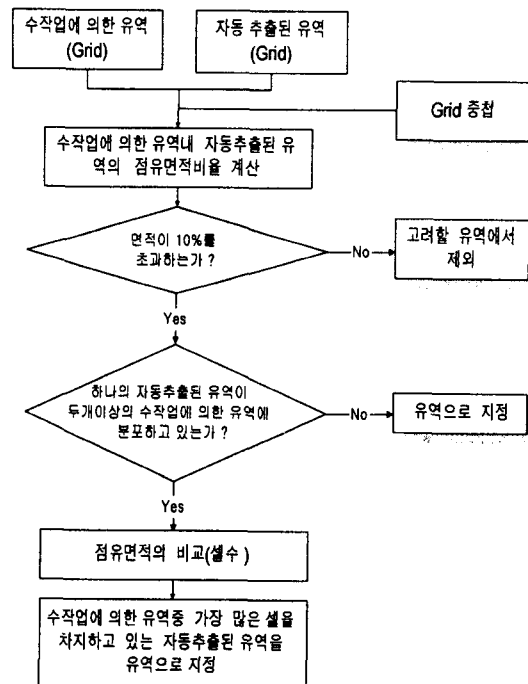


그림 22. 유역추출 평가 흐름도

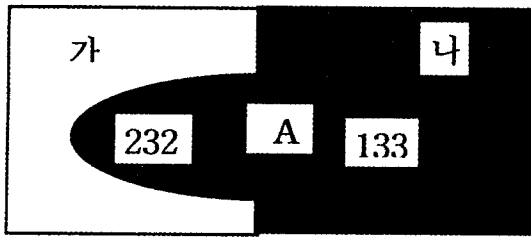


그림 23. 유역평가 예시그림

Grid연산시 이용된다.

4.4.4 자동추출된 유역의 평가

1) 추출된 유역 평가과정

유역추출 프로그램을 이용하여 자동 추출한 유역과 수작업에 의한 유역과의 평가를 위해서는 그림 22와 같은 과정을 거친다.

먼저 수작업에 의한 유역과 자동 추출한 유역에 대해 Grid중첩을 실시한다. 중첩된 Grid의 셀수를 조사하여 수작업에 의한 유역내 자동 추출된 유역의 점유면적을 셀수와 백분율로 조사한다. 조사한 면적점유비율 중 10% 이상인 것만 추출하여 적용하는데 이것은 자동추출한 유역이 수작업에 의한 유역으로 볼 수 있는 한계를 10%로 정한 것이다. 10%미만의 면적점유비율을 보이는 유역은 수작업에 의한 유역으로 볼 수 없으므로 제외시킨다. 10%이상의 면적점유비율을 보이는 유역은 다음 단계를 거치게 되는데, 자동추출한 유역이 2개이상의 수작업에 의한 유역을 점유하고 있다면 가장 많은 셀수를 나타내는 유역으로 포함시킨다.

예를들면, 그림 23에서 '가'와 '나'는 수작업에 의한 유역이며 A는 자동추출된 유역이라 하자. '가'와 '나' 각각의 유역내에 자동 추출된 A유역의 면적점유비율이 각각 40%와 35%라면 모두 10%이상이므로 자동 추출된 A유역은 '가'와 '나' 유역에 속할 조건이 된다. 하지만 자동 추출된 A유역이 '가'와 '나' 유역 중 어느 한 유역에 속하도록 평가해야 하는데, 이때 '가'와 '나' 유역을 점유하고 있는 셀수를 조사하게 된다. 그림에서 자동 추출된 A유역은 '가'와 '나' 유역에 각각 232와 133개의 셀이 분포되어 있음을 알 수 있다. 따라서 자동 추출된 A유역은 '가' 유역으로 평가하게 된다.

2) 추출한 유역과 수작업에 의한 유역의 중첩

그림 24는 각각 표고와 하천에서 자동 추출한 유역과 수작업에 의한 유역을 중첩한 그림으로서 우수한 결과를



그림 24. 표고와 하천에서 자동 추출한 유역과 수작업에 의한 유역과의 중첩

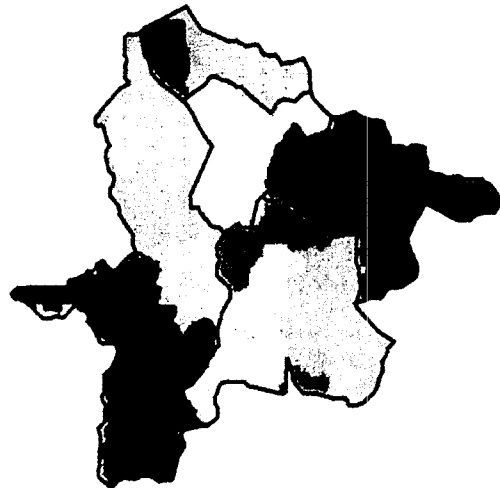


그림 25. 표고, 등고, 하천에서 자동 추출한 유역과 수작업에서 추출한 유역과의 중첩

나타내고 있다. 그림 25는 표고, 등고 그리고 하천에서 자동 추출한 유역과 수작업에 의한 유역을 중첩한 그림으로서 마찬가지로 우수한 결과를 나타내고 있다.

3) 추출된 유역의 비교 분석

2)와 같이 중첩한 Grid에 대해 1)과 같은 평가방법으로 자동 추출된 유역과 수작업에 의한 유역의 점유면적비율을 평가하였다. 표 3은 표고와 하천에 대해 Topogrid를 이용하여 생성된 Source Grid를 유역추출 알고리즘으로 자동 추출한 유역과 수작업에 의한 유역과의

표 3. 수작업에 의한 유역내 자동추출 유역의 점유면적 : 표고, 하천(셀수, %)

	가	나	다	라	마	바
A			94(1.20)			
B				75(0.91)		
C				44(0.53)		
D	418 (11.78)					
E						
F	1940 (54.66)	119 (2.35)	1 (0.01)			
G	1066 (30.04)				17 (0.21)	
H	55 (1.55)	49 (0.97)		91 (0.83)	7613 (91.88)	18 (0.22)
I			15 (0.19)			
J	70 (1.97)	4354 (85.81)	39 (0.50)	95 (0.87)	397 (4.80)	
K		475 (9.36)	7541 (96.19)	200 (1.82)		
L					1(0.01)	30(0.36)
M		77 (1.52)	150 (1.91)	3486 (31.79)		
N				55 (0.50)	136 (1.64)	7952 (96.50)
O				2873 (26.20)	3 (0.04)	18 (0.22)
P				3877 (35.36)		
Q						210 (2.55)
R			80(0.73)		12(0.15)	
S					208 (1.90)	
점유면적 비율	96.48	85.81	96.19	93.35	91.88	96.50
평균점유 면적비율				93.37%		

점유면적 비율을 평가한 것이다. 가로방향의 '가'~'바'는 수작업에 의한 유역이며 세로방향의 영문자는 자동추출한 유역이다.

분석 결과 평균점유면적 비율이 93.37%라는 매우 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이것은 Topogrid를 이용하여 Source Grid를 생성시 하천자료가 강제배수 역할을 하여 유역 추출시 표고만을 가지고 추출한 유역보다는 좋은 결과를 나타내었다.

4) 평균유역점유 비율 비교

표 4. 자동 추출된 유역과 수작업에 의한 유역과의 평균유역 점유 비율(%)

구 분	평균점유비율(%)
c_wshd(등고)	64.33
cs_wshd(등고, 하천)	73.59
p_wshd(표고)	67.34
ps_wshd(표고, 하천)	93.37
pc_wshd(표고, 등고)	63.13
pcs_wshd(표고, 등고, 하천)	93.73

표 4는 자동 추출된 유역과 수작업에 의한 유역과의 평균유역점유 비율(%)을 나타내고 있다. 표 4의 평균점유비율값을 통해 표고와 하천을 조합한 경우와 표고, 등고 그리고 하천을 조합하여 유역을 추출하는 것이 준평야지 유역추출에 가장 좋은 모델이 될 수 있음을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구는 GIS를 이용한 유역자동추출에 관한 연구로서 연구특성상 산간지와 준평야지를 연구대상지로 선정하여 연구 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 산간지의 경우 수작업에 의한 유역내 자동추출 유역의 점유면적은 수치 지도상의 등고자료만으로도 98.94%라는 매우 높은 값을 나타내고 있다. 따라서 산간지의 경우는 등고자료만으로도 효과적인 유역추출이 가능함을 알 수 있었다.

둘째, 준평야지에서는 단순히 TIN을 구성하여 유역추출을 위한 Source Grid를 생성하는 것 보다 Topogrid를 이용한 강제배수 알고리즘이 유역추출을 위한 좋은 Source Grid를 생성해 줌을 알 수 있었다.

셋째, 준평야지에서 표고, 등고 그리고 하천자료를 조합하여 자동추출한 유역과 수작업에 의한 유역을 비교한 결과 표고와 하천을 조합한 경우가 93.37%, 표고, 등고 그리고 하천을 조합한 경우는 93.73%로 나타났다. 따라서 준평야지에서의 유역추출은 표고와 하천자료만으로도 효과적인 추출이 가능함을 알 수 있었다.

넷째, 유역을 자동 추출시, 수치지도와의 결합을 위해 위성 DEM을 이용할 경우 위성 DEM과 수치지도간의 위치오차문제 해결이 선행되어야 효과적인 유역추출이 가능함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 윤용남, 공업수문학, 청문각, pp. 9-15, 1993.
2. 함창학, GIS를 이용한 수문지형정보추출에 관한 기초적 연구, 충북대학교 대학원 박사논문, 1996. 2.
3. Michael T. Rose, Watershed delineation in a low topographic relief landscape of south florida, Florida Atlantic University, 1998. 8.
4. ESRI, Arc/Info Command Reference, 1996.
5. Garbrecht, J. and L. W. Martz, Digital landscape parameterization for hydrological applications in Application of GIS in Hydrology and Water Resources Management: Proceedings of Hydro GIS '96 Conference held in Vienna, pp. 169-173, 1996.
6. Jenson S. K., Dominique J. O., Extracting Topographic Structure from Digital elevation Data for GIS Analysis, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 54, 1988.
7. Jones, N. L., S. G. Wright, and D. R. Maidment, Watershed delineation with triangle-based terrain models, Journal of Hydraulic Engineering, pp. 1232-1251, 1990
8. Maidment, D. R., Djokic, and K. G. Lawrence, Hydrologic modelling on a triangulated irregular network, Transactions of the American Geophysical Union, 1989.
9. Mark D. M., Automated detection of drainage network from digital elevation models, Cartographica, vol. 21, 1984.
10. Martz. L. W. and J. Garbrecht, Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models, Computers and Geosciences, pp. 747-761, 1992.
11. Nelson, E. J., W. Miller, and N. L. Jones, A TIN based watershed delineation technique for both rural and urban runoff in Water in the 21st century, American Water Resources Association, pp. 643-652, 1995.
12. Peuker T. K., Douglas D. H., Detection of surface specific points by local parallel processing of discrete terrain elevation data, Comput. Graph. Image Proc., vol. 4, 1975.
13. Hutchinson, M. F., A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits, Journal of Hydrology, 106, pp. 211-232
14. Hutchinson. M. F. and T. I. Dowling, A continental hydrological assessment of a new grid-based digital elevation model of Australia, Hydrological Processes, pp. 45-58, 1991.