

GIS 기초자료에 따른 유출모의의 영향분석

김경탁* · 최윤석** · 심명필***

1. 서론

자연현상인 강우와 유출관계를 규명하는 일은 관련 매개변수의 다양화로 인해 많은 어려움을 겪고 있다. 하천에서의 유출량 추정은 강우, 수위와 같은 수문데이터의 신뢰도에서 문제점을 야기하고 있는 현실이나 모의 입력매개변수의 중요요소인 지형정보의 경우 GIS기법을 이용할 경우 기존 방법과는 달리 신뢰성 있는 정보를 획득할 수 있으므로 모형의 결과를 개선하는데 도움이 될 것이다.

GRID해석과 TINs해석은 DEM(Digital Elevation Model) 자료를 이용하여 지형정보를 추출하는 대표적인 적인 기법으로서 이들의 알고리즘에 따라 다소 추출되는 정보의 값에서 차이를 보이고 있다. 본 연구에서는 비교적 신뢰도 있는 수문자료의 취득이 용이한 평창강 유역을 대상으로 격자형 DEM 자료구조를 이용한 하천망의 자동추출 및 유역 특성인자를 산정하여 이와 TIN 자료구조를 이용한 유역특성인자의 산정에 대한 비교를 수행하였다. 또한 SCS CN의 산정을 위한 국내 기초자료의 사용 적합성에 대해 검토하여 강우·유출모의에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 지형공간자료의 구축

지형정보추출을 위해 필수적인 자료는 DEM자료이다. DEM은 위성영상 및 사진측량 해석기법으로도 추출될 수 있으며 가장 일반적인 방법으로는 지형도의 등고선과 표고점을 디지털화하여 추출하는 방법이다. 현재 NGIS 사업의 일환으로 국립지리원에서 수행중인 지형도의 수치지도화 사업이 완성되면 더욱 손쉽게 원하는 지역의 DEM자료를 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 본 연구에서는 대상유역인 평창강 유역의 1/50,000지형도로부터 등고선과 표고점을 디지털화하여 이를 Arc/Info에서 20m×20m의 격자형 DEM자료로 변환하였다.

한편, TINs해석을 통한 지형정보추출을 위해서는 하천망에 대한 정보가 필요하므로 이를 위해 동일한 지형도상의 하천망을 디지털화하여 하천레이어를 구축하였다. 지형도상의 하천망은 하천 폭이 좁은 경우에는 하나의 선으로 표기되나 넓은 경우는 두 개의 선으로 표시되고 내부에는 푸른색으로 채색하고 있다. 그러나 본 연구에서 지형정보추출 및 유출모의를 위해 사용한 WMS(Watershed Modeling System) v.5.0에 coupling되어있는 수문모형인 HEC-1은 Loop형 하천망이 고려되지 않는 일차원 모형이므로 하천중심선을 기준으로 하나의 수로로 디지털화하였다. 또한 WMS에서는 하천은 일반적인 arc성격과는 달리 방향성을 갖는 stream feature object의 성격을 가져야 한다. arc의 방향성은 디지털화할 때 하나의 arc에서 node의 시작점과 끝점의 위치에 따라 방향성이 결정된다. 즉, arc를 형성할 때 node의 시작점이 하류측이고 node의 끝점이 상

* 인하대학교 토목공학과 박사과정수료
** 인하대학교 토목공학과 석사과정
*** 인하대학교 토목공학과 교수

류측이 된다. 하천은 상류로부터 하류로 흐르는 것이므로 WMS에서는 유역내의 flow pattern의 계산을 위해서 하천은 반드시 이러한 방향성에 위배되지 않게 입력되어야 하므로 디지털링된 하천망을 WMS상에서 방향성에 대한 보정작업을 수행하였다.

미계측 유역에서 유효강우량 산정을 위해서 가장 일반적으로 사용되고 있는 SCS CN값은 토양도와 토지이용도를 기본으로 하여 산정된다. GIS기법으로 CN값을 산정하기 위해서는 SCS에서 제안하고 있는 수문학적 토양군인 A,B,C,D와 토지이용도표(landuse table)의 항목을 속성값으로 갖고 있는 토양레이어 및 토지이용레이어가 필요하다. 본 연구에서는 개략토양도(그림1)와 정밀토양도(그림2)를 이용하여 토양레이어를 구축하였으며 평창군에서 보유하고 있는 토지이용계획도(그림3)와 Landsat TM영상(그림4)을 이용하여 구축된 토지이용레이어를 사용하였다.

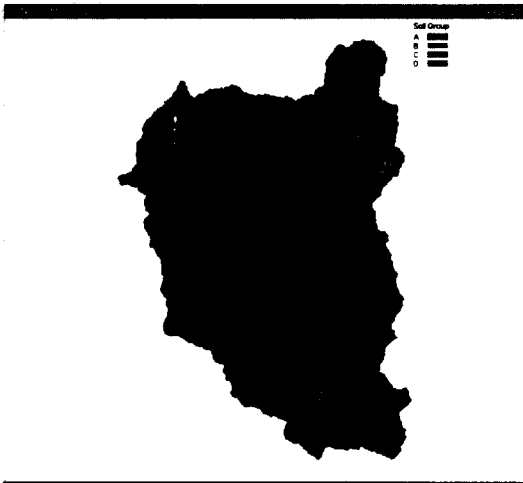


그림 1. 개략토양도



그림 2. 정밀토양도

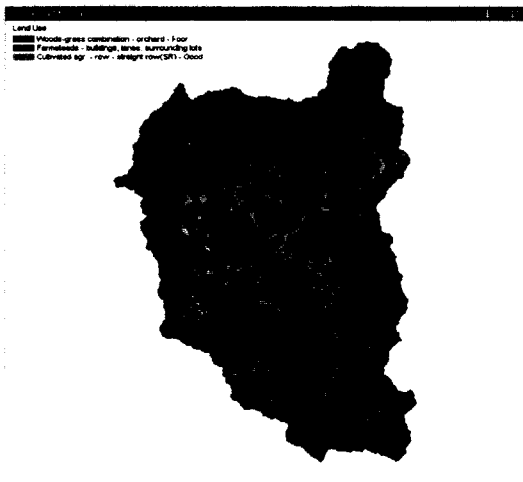


그림 3. 토지이용계획도

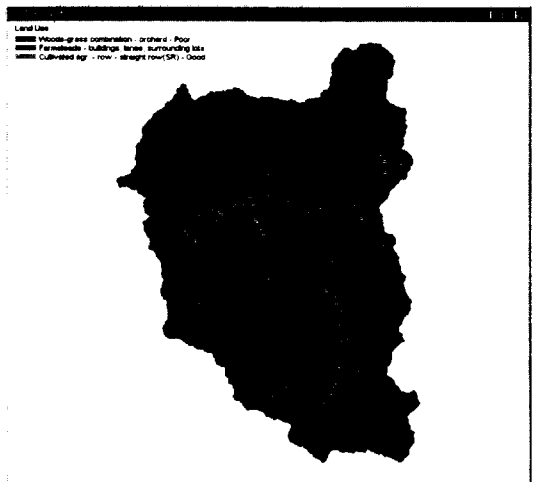


그림 4. Landsat TM(1984. 4)

3. GIS를 이용한 지형특성인자의 추출

지형특성인자를 추출하기 위하여 GRID해석과 TIN해석을 수행하였다. 격자형 DEM자료로부터 하천망을 추출하기 위하여 TOPAZ 프로그램을 이용하여 pit, peak 및 flat area의 수정작업을 수행한 후 각 격자의 흐름방향을 결정하였다. 각 격자의 흐름방향이 결정되면 흐름누적수(flow accumulation)에 의해 하도망이 결정되며 최소흐름누적수(minimum flow accumulation)의 결정에 따라 하천 총연장이 다른 하도망을 얻게 된다. 본 연구에서는 실제 지형도상의 하천으로 표기된 것을 실제하천으로 보는 것이 GIS를 이용할 경우의 일반적 방법이므로 1/50,000 지형도로부터 구한 평창강유역의 하천총연장 602523.2m를 평창강 유역의 실제 하천총연장으로 간주하였으며 TOPAZ프로그램을 사용하여 하천총연장에 해당하는 최소흐름누적수를 구한 결과 762개로 나타났다. 산정된 최소흐름누적수를 기준으로 하천망을 구축하였으며 vectorizing을 거친 후 최종적으로 추출된 평창강 유역의 하천망 및 유역경계선은 그림 5와 같고 그림 6은 그림 5의 평창강 유역의 상류부분의 검은색 사각형 지역을 확대하여 유역경계선부근의 흐름방향을 도시한 것이다. 한편, TIN해석에 의한 유역 지형정보추출 방법에 대하여는 심명필과 김경탁(1997)을 참조할 수 있다.

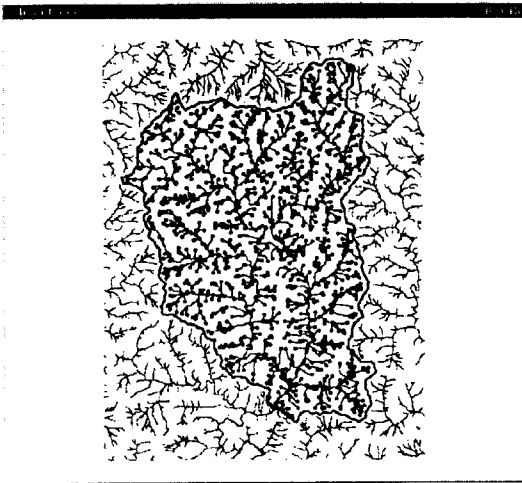


그림 5. basin boundary (vector)

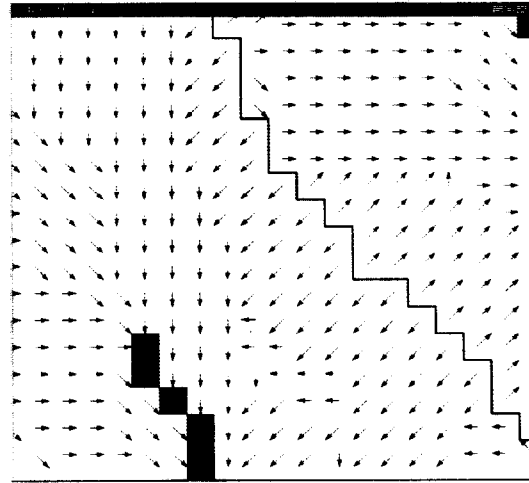


그림 6. flow direction & boundary

4. 추출된 지형특성인자의 비교

본 연구에서는 DEM자료를 이용하여 하천망을 추출하는 한편, 지형도의 하천망을 디지털화하여 이를 비교였다. 두 자료에 의한 추출된 결과의 차이는 하천의 분류에서 보다는 1차하천에서 많은 차이를 보이고 있으며 이는 DEM으로 추출할 경우 주로 평상시에는 물이 흐르지 않으나 강우시에만 하천을 형성하는 건천이 하천으로 형성됨으로 인해 실제 지형도상의 하천망과 다르게 나타나는 것으로 판단되며, 지형도와 비교해보면 "산길"로 표기된 것과 같이 하천으로 표시되지는 않으나 지형상의 계곡으로 이루고 있는 부분이 격자형 DEM을 이용한 하천추출에서는 하천으로 분류되는 경우가 많았다. 또한 형성된 두 하천에서 분류부분에 대한 위치 차이를 보이는 부분은 지형으로 볼 때 주위 지형이 거의 고도차가 없는 평지에 가까운 부근에서 나타나고 있다. TIN해석과 GRID해석을 통해 평창강 유역의 수위관측소별 상류유역의 지형특성을 산정하였으며 이는

표 1. 수위관측소별 상류유역의 지형특성

구분	발원			하안정			상안역			배목포			장평			이록전		
	TIN	Raster DEM	오차 (%)	TIN	Raster DEM	오차 (%)	TIN	Raster DEM	오차 (%)	TIN	Raster DEM	오차 (%)	TIN	Raster DEM	오차 (%)	TIN	Raster DEM	오차 (%)
A(km ²)	527.23	527.13	0.1 (0.02)	85.97	85.88	0.09 (0.10)	392.58	392.26	0.32 (0.08)	143.47	143.41	0.06 (0.04)	104.75	104.39	0.36 (0.34)	57.06	56.72	0.34 (0.06)
BS	0.3396	0.3810	-0.0414 (12.19)	0.3757	0.4148	-0.0391 (10.41)	0.3307	0.3744	-0.0437 (13.21)	0.3351	0.3785	-0.0434 (12.95)	0.3243	0.3804	-0.0561 (17.30)	0.3523	0.4044	-0.0521 (14.79)
AOFD(m)	252.77	407.62	-154.85 (61.26)	246.67	398.31	-151.64 (61.47)	242.05	398.56	-156.51 (64.66)	256.70	397.07	-252.72.93 (98.45)	184.86	391.39	-206.53 (111.72)	186.80	374.03	-207.23 (110.94)
%NF	0.48	0.54	-0.06 (12.50)	0.50	0.56	-0.06 (12.00)	0.48	0.53	-0.05 (10.42)	0.45	0.52	-0.07 (15.56)	0.46	0.52	-0.06 (13.04)	0.42	0.49	-0.07 (16.67)
%SF	0.52	0.46	0.06 (11.54)	0.50	0.44	0.06 (12.00)	0.52	0.47	0.05 (9.62)	0.55	0.48	0.07 (12.73)	0.54	0.48	0.06 (11.11)	0.58	0.51	0.07 (12.07)
L(m)	34234.71	34275.24	-40.53 (0.12)	15712.75	15802.43	-29.68 (0.19)	28577.69	29678.04	-100.35 (0.34)	15492.04	15468.01	23.88 (0.15)	17620.79	17608.31	12.48 (0.07)	12575.41	12637.78	-62.37 (0.50)
P(m)	127791.40	157569.14	-29777.7 (23.30)	46197.60	57342.10	-11144.5 (24.12)	111147.37	137784.13	-26636.8 (23.97)	62542.93	76086.13	-13543.3 (21.65)	56058.84	68100.22	-12041.4 (21.48)	40886.08	49788.49	-8902.41 (21.77)
Shape	2.22	2.23	-0.01 (0.45)	2.89	2.91	-0.02 (0.69)	2.23	2.25	-0.02 (0.90)	1.67	1.67	0 (0.00)	2.96	2.97	-0.01 (0.34)	2.77	2.82	-0.05 (1.81)
Sin	1.60	1.56	0.04 (2.50)	1.11	1.17	-0.06 (5.41)	1.61	1.58	0.03 (1.86)	1.60	1.54	0.06 (3.75)	1.38	1.40	-0.02 (1.45)	1.26	1.30	-0.04 (3.17)
AVEL(m)	758.99	758.93	0.06 (0.01)	704.44	705.26	-0.82 (0.12)	782.04	782.19	-0.15 (0.02)	820.77	821.20	-0.43 (0.05)	820.79	821.66	-0.87 (0.11)	884.69	885.49	-0.8 (0.09)
MFD(m)	55771.80	54424.41	1347.39 (2.42)	18416.81	19145.77	-728.96 (3.96)	48445.83	47768.64	677.19 (1.40)	25059.91	24576.30	483.7 (1.93)	25261.76	25562.04	-300.28 (1.19)	16846.06	17336.90	-490.84 (2.91)
MFS	0.0105	0.0217	-0.0112 (106.67)	0.0178	0.0345	-0.0167 (93.82)	0.0117	0.0239	-0.0122 (104.27)	0.0113	0.0236	-0.0123 (108.85)	0.0198	0.0392	-0.0194 (97.98)	0.0279	0.0543	-0.0264 (94.62)
MSL(m)	54819.83	53533.29	1286.54 (2.35)	17464.71	18471.21	-1006.5 (5.76)	47483.86	46877.51	616.35 (1.30)	24848.86	23744.23	1104.63 (4.45)	24309.78	24670.11	-300.28 (1.48)	15894.09	16445.77	-551.68 (3.47)
MSS	0.0152	0.0144	0.0008 (5.26)	0.0242	0.0251	-0.0009 (3.72)	0.0167	0.0156	0.0011 (6.59)	0.0197	0.0185	0.0012 (6.09)	0.0269	0.0239	0.003 (11.15)	0.0374	0.0322	0.0052 (13.90)
CTOSTR(m)	487.20	369.71	117.49 (24.12)	1109.52	859.41	250.11 (22.54)	2996.62	501.42	2495.2 (83.27)	939.70	333.14	606.56 (64.55)	1569.71	233.14	1336.57 (85.15)	1173.43	374.56	798.87 (68.08)
CSD(m)	25643.78	25886.41	-242.63 (0.95)	8371.16	9865.73	-1494.57 (17.85)	25361.09	27338.95	-1977.86 (7.80)	10748.75	11543.15	-794.38 (7.39)	14882.92	9745.70	5137.22 (34.52)	7624.28	8842.30	-1218.02 (15.98)
CSS	0.0054	0.0062	-0.0008 (14.81)	0.0102	0.0122	-0.002 (19.61)	0.0063	0.0069	-0.0006 (9.52)	0.0075	0.0142	-0.0067 (89.33)	0.0094	0.0228	-0.0134 (142.55)	0.0130	0.0159	-0.0029 (22.31)

표 1과 같고 여기서 산정된 것은 유역면적(A), 유역평균경사(BS), 평균지표면유출거리(AOFD), 북쪽방향 및 남쪽방향 사면의 면적비(%NF, %SF), 유출구로부터 유역경계선상의 가장 먼 지점까지의 거리(L), 유역경계선의 길이(P), 유역 형상비(Shape), 유출구로부터 유역경계선상의 가장 먼 지점까지의 거리를 유역내 최대하천길이로 나눈 sinuosity factor(Sin), 유역평균고도(AVEL), 최대흐름연장(MFD), MFD의 경사(MFS), 최대하천연장(MFL), MFL의 경사(MSS), 유역중심으로부터 MFD상에 포함되는 vertex 중에서 가장가까운 점까지의 거리(CTOSTR), 유역중심으로부터 MFD상에 포함되는 하천상의 vertex중에서 가장 가까운 점까지의 거리(CSD), CSD의 경사(CSS)이다. 유역면적 및 고도에 관련된 항목은 두 방법에서 큰 차이를 보이지 않고 있으나 유역평균경사 및 거리에 관련되는 항목에서는 다소 차이를 보이고 있다.

한편, 본 연구에서 구축된 토양레이어 및 토지이용레이어의 각 속성별 면적비를 그림 7 및 8과 같이 건설부(1990)과 비교한 결과 토지이용상태에서는 많은 차이를 보이지 않으나 토양상태에 대해서는 많은 차이를 보이고 있다. 건설부와 본 연구에서의 차이는 58개군으로 분류되는 개략토양도에 정성적으로 표기되어 있는 토양의 속성을 기준으로 SCS 수문학적 토양군으로 분류시에 분류자의 개인적 차이가 있을 수 있기 때문이다. 정밀토양도는 허와정(1987)을 기준으로 분류한 것으로 이는 농어촌진흥공사의 토양분류기준과 SCS의 토양분류기준을 정량적으로 비교하여 분류한 것으로 개략토양도를 이용한 분류보다 신뢰성있는 분류라 할 수 있다. 표 2는 수위관측소 상류유역별 SCS CN값을 CASE I (위성영상, 개략토양도), CASE II (위성영상, 정밀토양도), CASE III (토지이용계획도, 개략토양도), CASE IV (토지이용계획도, 정밀토양도)와 같이 이용자료별로 산정한 값이다. 개략토양도를 이용한 경우 값은 건설부(1990)의 산정값과 유사하나 정밀토양도는 보다 큰 값으로 산정되고 있다.

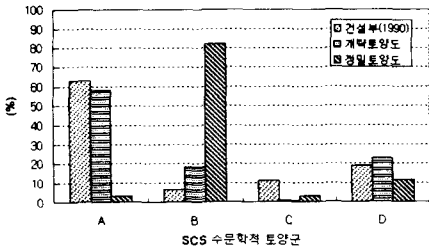


그림 7. 토양분포도 비교(방법)

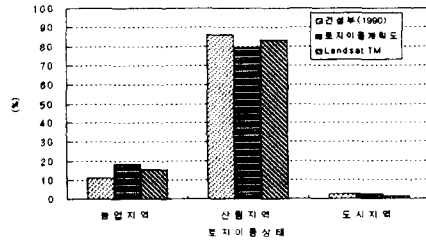


그림 8. 토지이용분포도 비교(방법)

표 2. 수위관측소 상류유역별 SCS CN

구분	수위표지점	방법	하반절	상안미	백옥포	장평	어목정
본 연구	CASE I	68	69	67	68	65	67
	CASE II	75	78	74	74	74	74
	CASE III	68	69	67	69	65	67
	CASE IV	76	78	74	74	74	74
건설부(1990)		67.499	65.035	66.737	68.353	65.755	70.010

5. GIS입력자료별 유출모의

평창강 유역을 대상으로 10개의 사상별 강우유출자료를 선정하여 수위표 지점별로 GIS기법으

로 산정된 CN값 및 지체시간을 HEC-1에서 제공하는 사상별 최적 매개변수결정방법에 의해 산정된 결과와 비교하였다. 계산된 관측유출곡선번호(observed runoff curve number)의 중앙값은 소유역별로 74.85~86.48의 범위를 보이고 있고 GIS기법으로 산정된 결과에서 개략토양도 65~67, 정밀토양도인 경우 74~78의 범위를 보이고 있다. 그림 9는 HEC-1의 최적매개변수결정방법으로 산정된 지체시간 및 CN값을 사용하여 모의한 결과와 GIS기법으로 산정된 모의 결과 및 수위표지점별 6개소유역으로 분류하여 각 자기유역별 지체시간 및 CN값을 GIS 기법을 이용하여 산정된 결과를 비교한 것이다. 소유역분할시 하도홍수추적방법으로는 Kinematic Wave 모형을 사용하였다.

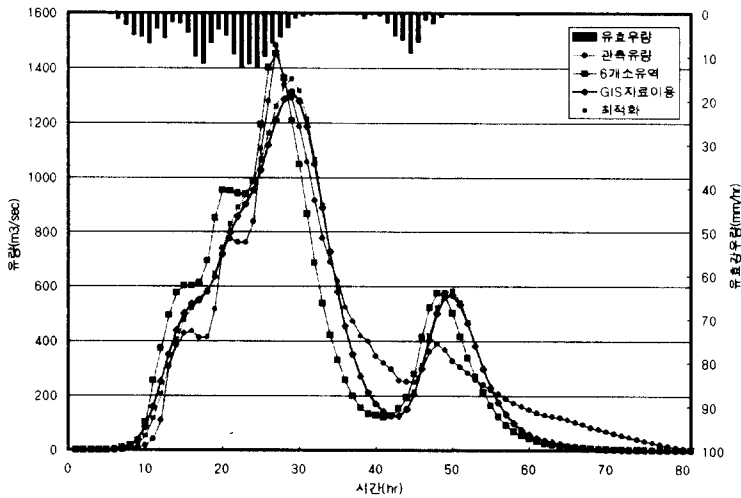


그림 9. 유출모의 결과 비교(방림)

6. 결론

GRID해석과 TINs해석을 통해 동일한 DEM(Digital Elevation Model) 자료를 이용하여 지형정보를 추출하여 산정된 결과값의 차이를 분석하였다. 대체적으로 비슷한 값을 보이고 있으나 분석 알고리즘의 차이로 GRID해석은 길이 및 경사산정에서 큰 값을 나타내고 있다. SCS CN값 산정을 위한 국내 기초자료의 사용 적합성에 대한 검토를 수행한 결과 CN값 산정을 위한 GIS기초자료로는 정밀토양도를 이용한 값이 관측유출곡선번호와 비슷한 값으로 산정되었다. 또한 GIS입력자료별로 유출모의를 수행하여 그 적용성을 검증하였다.

7. 참고문헌

- 건설부(1990). 국제수문개발계획(IHP) 연구보고서.
- 심명필, 김경탁 (1998). “지리정보시스템과 결합된 강우·유출모형의 적용” 한국수자원학회지, 제 31권 제1호, 한국수자원학회, pp26-35.
- 허기술과 정정화(1987) “한국토양의 수문학적분류 및 그 응용.” 농공기술 제4권 제4호. pp47-61.
- ECGL(1997). WMS v5.0 Reference Manual and Tutorials, Engineering Computer Graphics Laboratory, Brigham Young University, Provo, Utah.