

WMS 모형을 이용한 회천유역의 유출해석

Analysis of Runoff using WMS in Hoe Stream Basin

정찬용*, 권규상*, 김삼은*, 임혁진*, 김형섭**, 정성원***

Chan Yong Jung, Kyu Sang Kwon, Sam Eun Kim, Hyuk Jin Lim, Hyoung Seop Kim, Sung Won Jung

요 지

최근들어 수자원 분야에서 GIS(Geographic Information System)의 활용에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 수자원 관련 분야에 있어서 GIS는 수문현상에 영향을 미치는 기상학적인 요인, 토양, 토지이용도, 배수 유역의 형태 등 수문정보를 획득하기 위한 수단으로 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 유역에서의 지형학적, 기후학적 특성을 시간과 인력을 절약하여 정량화할 수 있다는 것이 입증되고 있다. 하천에서의 유출량 추정은 강우, 수위와 같은 수문데이터의 신뢰도에서 많은 문제점이 야기되고 있다. 따라서 모의 입력매개변수의 중요요소인 지형정보의 경우 GIS 기법을 이용할 경우 기존 방법과는 달리 신뢰성 있는 정보를 획득할 수 있으므로 모형의 결과를 개선하는 데 도움이 될 것이다. 본 연구에서는 미국의 Environmental Modeling Research Laboratory(EMRL)에서 개발한 지리정보시스템과 수문유출모형이 접목된 WMS(Watershed Modelling System) 모형을 HEC-1 모형과 연계하여 낙동강수계 제1지류인 회천유역 개진1, 개진2 지점의 유출 해석을 실시하였다. GIS와 결합된 홍수유출모형인 WMS를 이용하여 유역 내의 지형특성인자 및 하천망을 추출하였으며, 유출해석은 WMS에 내재된 HEC-1을 이용하였다. 유효강우량의 산정을 위해 SCS CN 값을 사용하였으며, CN 계산을 위해서는 토지이용도 토양도를 이용하였다. 합성단위도법은 SCS 무차원 단위도법을 사용하여 유출을 모의하였다.

핵심용어 : WMS, HEC-1, 합성단위도법, 유출해석, 회천

1. 서 론

최근들어 다양하게 이용되고 있는 GIS(Geographic Information System)는 이제 특정분야에서 한정된 사람만이 이용하는 뭔가 특별한 것이라는 느낌은 들지 않는다. GIS 기술은 1960년대 캐나다에서 토지 및 환경 정보시스템 구축 사업에서 처음 소개된 후 벌써 40년이 넘게 발전되어 오고 있다. 초기에는 선진국의 전유물이었던 것이 표준화와 더불어 80년대초 Intergraph, ESRI와 같은 거대 기업이 탄생하게 되면서 발전을 거듭하여, 이후로는 개발도상국 등으로 확대 보급되기 시작하였다.

최근 컴퓨터 기술의 향상과 더불어 GIS가 많은 발전을 이루어, 기존에 수행된 GIS를 이용한 매개변수 추정 및 홍수유출 해석에 적용한 사례는 매우 많다. Mayer 등(1993)은 Arc/Info의 TIN module을 이용하여 HEC-1 모형의 공간 및 지형인자를 결정하였고, Bhaskar 등(1992)은 수문응답함수의 유도를 위해 GIS를 이용한 지형학적 순간단위도 해석을 시도하였으며, Cruise와 Miller(1993)는 위성영상자료를 수문해석에 적용하는 것에 관하여 연구하였다. 함창학(1996)은 Arc/Info의 GRID Module을 이용하여 격자형 DEM을 활용한 수문지형정보 추출에 관한 연구를 수행하였고, 신사철(1996)은 분포형 강우유출모형에 의한 유출량 해석을 수행하였으며, 김경탁(1998)은 TIN 해석과 Grid 해석을 통한 유역의 수문학적 지형인자의 산정에 관하여 연구하여 토지이용도와 토양도에 따른 유출해석 결과 및 SCS CN 값의 산정을 포함한 GIS 적용에 따른 유출을

* 유량조사사업단 연구원 · E-mail : cyjung@kict.re.kr / geokwon@kict.re.kr / sekim@kict.re.kr / hyukjin@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : hskim@kict.re.kr

*** 유량조사사업단 단장 · E-mail : swjung@kict.re.kr

답 특성에 대해서도 검토한 바 있다. 김성준(2003)은 WMS HEC-1을 이용하여 안성천 평택수위관측소 상류 유역의 수문 경년변화를 분석하였고, 김영호(2003)는 GIS 분석툴인 WMS를 이용하여 IHP 대표시험유역인 보청천 유역의 지형특성인자를 추출하고, 추출된 지형특성인자를 매개변수로 하여 내재된 HEC-1 모형에 적용하여 합성단위도법에 따른 유출해석 및 소유역 분할에 따른 모의를 했다.

본 연구에서는 GIS와 WMS 모형을 연계하여 지형학적 특성인자를 추출하고 WMS 내 HEC-1을 사용하여 유출을 모의하였다. 대상유역은 2006년에 유량측정을 실시한 낙동강 수계의 회천에 위치한 개진1, 2 지점에 대한 유출해석을 실시하였다.

2. 모형의 개요

2.1 WMS(Watershed Modeling System)

미육군 공병단(U.S Army Corps of Engineers)과 Brigham Young 대학의 공학컴퓨터 그래픽연구실에 의해 개발된 WMS는 수문모델링을 위한 포괄적인 그래픽 사용자 환경을 제공해 주는 프로그램이다. WMS는 수치고도데이터를 이용하여 형성된 불규칙 삼각망으로부터 유역도 및 소유역 경계선 등을 자료로 그려주는 강우-유출 프로그램인 HEC-1, TR20, 합리식 및 NFF 및 HSPE 그리고 수리모형으로 HEC-RAS 및 DAMBRL 모형의 축소 모형인 SMPDBRK 모형, 그리고 2차원 분포형 모형인 GSSHA(CASC2D 모형의 WMS version)에 대한 그래픽 사용자 인터페이스를 제공한다. WMS 모형 자체는 완벽한 지리정보시스템이라 고는 할 수 없지만 자체에서 GIS 데이터를 새롭게 구축하거나 입력, 수정, 저장 등의 기능을 수행할 수 있도록 되어있으며 표 1과 같은 특징을 갖고 있다.

표 1. WMS 모형의 모듈별 기능

구 분	주 요 기 능
TIN Module	불규칙 삼각망 형성 유역의 지형학적 특성분석 소유역 구분 홍수범람도 작성
DEM Module	격자형자료(grid data)를 이용한 유역의 지형학적 특성분석 DEM을 이용한 3차원 영상 출력 TOPAZ 프로그램과의 연계 운영
Map Module	하천, 경계선 등 주요 지형자료의 디지타이징 DXF 파일의 변환 Img 파일의 변환
Tree Module	HEC-1, TR-20, 합리식, NFF 프로그램과의 인터페이스 제공
2D Grid Module	CASC2D 강우-유출 해석모형과의 인터페이스 제공
2D Scatter Point Module	불규칙한 형태의 자료를 격자형 자료로 전환

2.2 HEC-1 모형

HEC-1 모형은 1967년 미육군 공병단 수문연구소(Hydrologic Engineering Center: HEC)에서 개발된 홍수유출 계산 프로그램으로 1968년 10월 최초로 공개되었다.

본 연구에서 사용된 HEC-1 모형은 1990년에 공개된 것으로 HEC의 DSS(Data Storage System)를 포함하고 있고 수문학적, 수리학적 계산방법으로 Green & Ampt Infiltration, Muskingum Cunge 홍수추적, 개선된 Kinematic Wave 방정식이 포함되어 있는 것으로 WMS에서 사용하기 위해서 입출력 부분이 다소 수정된 것이다.

HEC-1 모형은 유역을 수문학적, 수리학적 구성요소로 이루어지는 시스템으로 나타내어, 유역에 발생한 강우사상으로부터 유출을 모의하는 단일사상 강우유출모형이다. 수문학적, 수리학적 구성요소들로는 유역의 유출, 하도 홍수추적과 저수지 홍수추적 등을 포함하고 있다.

본 연구에서는 유효강우를 계산하기 위하여 강우손실량 계산에는 SCS curve number, 유출변환에서는 SCS 방법, 기저유량은 constant monthly, 홍수추적을 위해 Muskingum 방법, 강우분석은 specify gage weight 방법을 택하였다.

3. 지형특성인자 추출

3.1 하천망 및 유역경계추출

본 연구의 대상유역인 회천유역의 1:25,000 수치지도로부터 DEM 자료를 생성하기 위해서 Arc View GIS Software를 이용하여 등고선, 표고점 및 수준점 등의 고도와 관련된 레이어를 추출하였다. 기존의 DXF file 형식으로 구축된 Grid file을 WMS와 호환이 가능한 ASCII file로 Export시킨 후 WMS에서 Import하는 방식을 취하였다. Grid 해석을 통해 회천 유역의 DEM 자료로부터 유역을 자동분할하였으며 지형특성인자를 산정하여 분석하였다.

그림 1과 그림 2는 Arc View에서 회천 유역의 DEM 자료를 ASCII file을 이용하여 나타낸 등고선도와 수계망도이다. 그림 3과 그림 4는 개진2 수위관측소를 회천 유역 최하류의 유출구로 한 하천망과 유역경계, 소유역 분할이다. 그림 5와 그림 6은 지형인자 분석의 한 형태로서 유역을 보다 현실적인 표현을 위한 한가지 음영으로 나타낸 음영기복도와 소유역별 추출한 지형인자이다.

그림 1. 등고선도

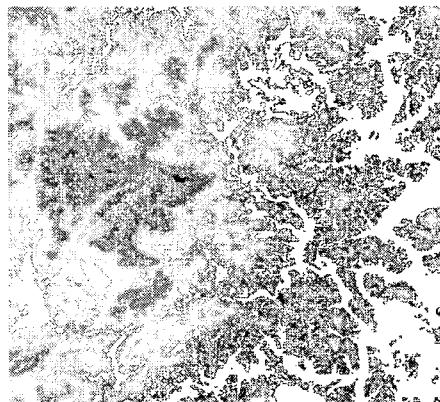


그림 2. 수계망도

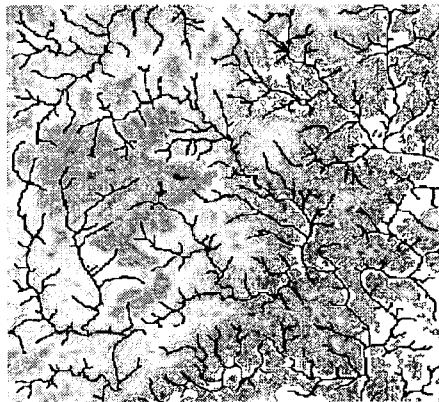


그림 3. 유역경계 추출

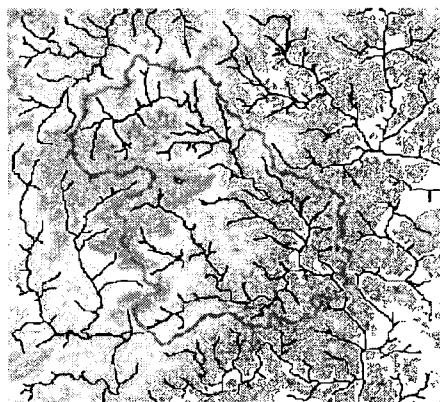


그림 4. 소유역 분할

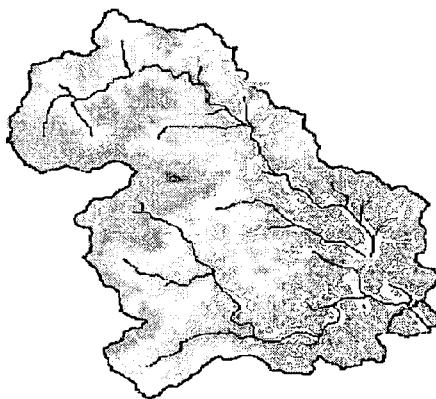


그림 5. 음영도

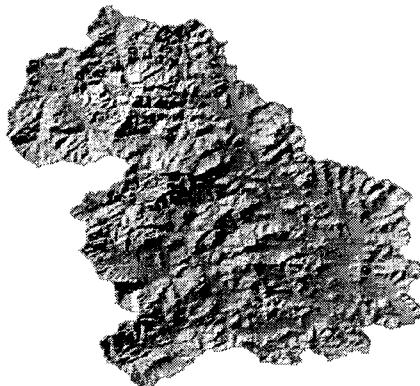
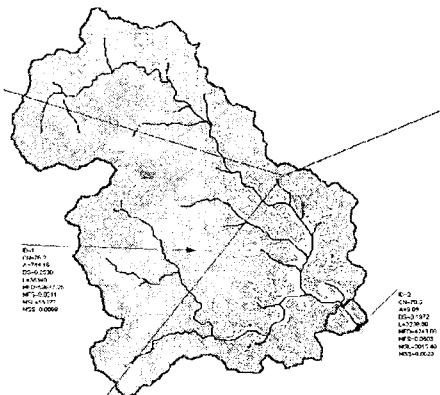


그림 6. 소유역별 지형인자 추출



3.2 지형특성인자 추출

본 연구에서는 WMS에서 회천 유역을 2개의 소유역으로 분할하여 각 소유역마다 지형특성인자들을 추출하였으며, 여기서 추출된 지형특성인자들을 이용하여 강우-유출 모형인 HEC-1에서 유출모의를 하였다(표 2, 그림 6 참조).

표 2. 소유역별 추출된 지형특성인자

구 분 지 점	유역면적 A(km ²)	유로연장 L(km)	유역경사 (m/m)	유로경사 (m/m)	경위도좌표	
					경도	위도
개진1	744.16	38.34	0.2538	0.0099	128-19-27	35-41-51
개진2	9.09	3.24	0.1972	0.0023	128-20-24	35-40-32

3.3 SCS 유출곡선지수(CN) 산정

초기 손실률 계산을 위해 설정된 SCS 손실률 계산방법에 필요한 CN값은 격자형태(Grid type)로 구축된 토지이용도(land use grid)와 격자형 자료로 구축된 토양도(soil type grid)를 이용하여 산정하였다(그림 6 참조).

4. 모형의 적용

4.1 대상유역 관측소 및 홍수사상

본 연구에서는 경북 고령의 회천에 위치한 개진2 수위관측소와 상류에 개진1 수위관측소를 대상으로 모형을 적용하였으며, 강우관측소는 대가, 백운, 고령 관측소가 있다. 유출 모의를 위해 강우 사상은 1시간 간격으로 측정된 2006년 7월 9일의 자료를 이용하였다(표 4 참조). 또한, WMS 모형을 이용하여 추출한 지형특성인자를 강우-유출 프로그램인 HEC-1의 입력매개변수로 사용하여 유출을 모의하였다.

4.2 모형의 적합도 검정

모형의 적합도를 검정하기 위하여 평균제곱근오차(RMSE)와 모형효율성계수(ME)를 산정하였다. 평균제곱근오차는 비선형 유출모형의 수행능력을 평가하기 위해 Wood(1974)가 수문곡선 비교의 기준으로 채택했으며 이 지표는 자료수에 무관하고 해석하고자 하는 변량과 같은 차원을 갖는 모형수행 결과 평균적으로 어느 정도의 유량만큼 오차가 발생하는지를 나타내는 일종의 평균치라고 할 수 있다. 모형효율성계수는 Nash와 Sutcliffe(1970)가 제안한 통계적 기준으로 편의를 줄일 수 있는 무차원 계수이다. 모의된 수문곡선이 실측 수문곡선과 잘 일치할수록 1에 가까워 진다. 이 값이 음수(-)이면 실측값의 평균을 사용하는 것이 모형에 의해 예측된 값을 이용하는 것보다 낫다는 의미이다(표 5 참조).

그림 7. 관측소 및 티센망도

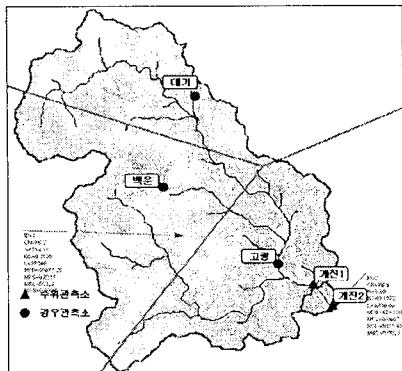


표 3. 강우관측소 위치

지점	경위도좌표		직교좌표		관찰기관
	경도	위도	X	Y	
대가	128-11-26	35-53-27	307221.2860	266608.2510	건설교통부
백운	128-9-7	35-48-9	303850.4810	256765.8610	"
고령	128-16-42	35-43-29	315386.2560	248277.7010	"

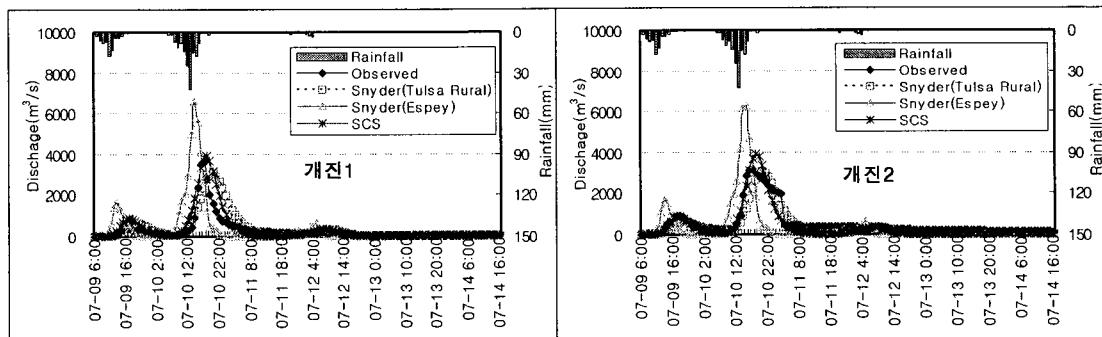
표 4. 지점별 첨두홍수량 비교

지점	평균강우량(mm)	첨두홍수량(m³/s)				홍수사상
		Observed	Tulsa Rural	Espey	SCS	
개진1	248.7	3,656.64	3,045.00	6,565.00	3,906.00	2006. 7. 9. ~ 2006. 7. 14.
개진2		3,134.10	3,048.00	6,283.00	3,904.00	

표 5. 모형의 적합도 검정

지점	Snyder Method						SCS Method		
	Tulsa Rural			Espey			RMSE	ME	R ²
	RMSE	ME	R ²	RMSE	ME	R ²			
개진1	410.500	0.481	0.796	859.371	-1.275	0.543	338.435	0.647	0.929
개진2	304.977	0.809	0.930	883.265	-0.600	0.549	294.900	0.822	0.949

그림 8. 유출수문곡선(2006. 7. 9. ~ 2006. 7. 14.)



5. 결 론

본 연구에서는 낙동강 수계의 회천유역을 선정하여 GIS 분석툴인 WMS를 이용하여 지형특성인자를 추출하였다. 추출된 지형특성인자를 입력 매개변수로 하여 내재된 HEC-1 모형에 적용하여 Snyder, SCS 합성 단위도법에 따른 유출해석을 한 결과 Snyder(Tulsa Rural)와 SCS 방법이 실측치를 잘 모의하는 것으로 나타났다. 추후 더 많은 사상으로 분석한다면 적합한 매개변수와 정확한 유출 모의를 할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 김경탁(1998), GIS 적용에 따른 유출응답에 관한 연구, 박사학위논문, 인하대학교.
- 김영호(2003), GIS 기법을 이용한 보청천 유역의 유출해석, 석사학위논문, 충북대학교.
- 김성준(2003), WMS HEC-1을 이용한 안성천 평택수위관측소 상류유역의 수문 경년변화 분석, 한국수자원학회논문집, 제36권 4호, pp. 609 ~ 621.
- 신사철(1996), 분포형 강우-유출모형에 의한 유출해석, 한국수자원학회논문집, 제29권 6호, pp. 131 ~ 139.
- 함창학(1996), 지형정보시스템을 이용한 수문지형정도 추출에 관한 기본적 연구, 석사학위논문, 충북대학교.
- Bhaskar, N. R, James, W. P., and Devulapalli, R. S.(1992), Hydrologic parameter estimation using geographic information system, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.118, No.5, pp.492 ~ 512.
- Cruise, J. F. and Miller, R. L.(1993), Hydrologic modeling with remotely sensed databases, Water Resources Bulletin, Vol 29, No.6, pp.997 ~ 1002.
- Mayer, S. P., Salem, T. H., and Labadie, J. W.(1993), Geographic information system in urban storm water management, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.119, No.2, pp.206 ~ 398.
- Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V. (1970). "River flow forecasting through conceptual models, Part I - A discussion of principles." Journal of Hyudrology, Vol. 10, pp. 283 ~ 290.