

GIS 기법을 활용한 유출곡선지수(CN) 산정

Estimate Runoff Curve Number by Using GIS

김현식¹⁾, 오윤근²⁾, 윤연중³⁾, 김한준⁴⁾

Hyeon Sik Kim, Yeun Kun Oh, Yun Jung Yeon, Han Joon Kim

요 지

본 연구는 토양도 및 Landsat 위성영상을 GIS 및 R/S기법으로 토지이용의 공간적 분포를 분석하여 토지피복의 경년적 변화에 따른 유출곡선지수를 산정하고 유출곡선지수의 변화에 따른 유출상태의 변화를 분석하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 개략토양도의 토양분류에 대한 기존분류방법과 토지이용에 따른 CN분류법을 조사 검토한 후 CN을 산정하였으며, 향후 보다 정확한 산정기법이 제시될 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구를 위하여 활용한 기초자료는 건설교통부와 한국수자원공사에서 시행하고 있는 전국유역조사의 자료로서 연구 분석에 이용하였다.

핵심용어 : 토지피복도, 토양도, 유출곡선지수, 경년별 유출분석

1. 서론

GIS(Geographic Information System) 및 R/S(Remote Sensing) 기법은 최근 여러 분야에 도입되고 있는 기법으로서, 특히 수문분야에서는 유역자원의 포괄적인 잠재력 파악 등을 분석하기 위하여 지형학적 특성인자 추출 등, 여러 각도에서 활용되고 있다. 수자원분야에 있어서 지형학적 특성인자는 기후학적 인자와 함께 유역의 유출현상에 영향을 미치는 인자로서 유역의 면적, 표고, 경사, 경사향, 음영기복, 토양, 지질, 토지이용 및 토지피복 등이 있으며, 그 중 토지이용 및 토지피복은 강수의 침투와 토양침식, 증발산 등에 영향을 주는 중요한 인자이다. 최근 국내에서 발표되고 있는 유출분석관련 논문들의 대다수는 위성영상자료를 이용하여 토지피복을 구축하고 이를 유출분석에 활용하고 있는데, 이는 미계측유역의 설계유량(침투유량), 유출고(유효우량), 유출수문곡선을 산정하기 위하여 주로 SCS 방법을 사용하고 있기 때문에 측량 및 현지조사를 통한 직접 방법보다 유역에 이용하기 쉬운 뿐만 아니라 대유역의 분석에 적용하는데 용이하기 때문이다.

2. 자료 및 방법

2.1 유출량 분석방법

본 연구에서는 유출량 분석모형으로 유역을 수문학적, 수리학적 구성요소로 이루어지는 시스템으로 나타내어, 유역에 발생한 강우사상으로부터 유출을 모의하는 강우-유출모형으로 HEC-HMS를 이용하였으며, 대상유역에 대하여 티센망을 구성한 후에, 이를 활용하여 산정한 면적강우를 유역의 강우입력자료로 이용하였으며, 단위도법은 Clark 단위도법, 강우손실은 SCS 방법 등을 이용하여 유역의 유출량을 산정하였다.

1) 정회원 · 한국수자원공사 조사기획처 과장 · E-mail : hyeonsik@kowaco.or.kr

2) 정회원 · 유신코퍼레이션 수자원부 상무 · E-mail : y10258@yooshin.co.kr

3) 정회원 · 유신코퍼레이션 수자원부 차장 · E-mail : y11845@yooshin.co.kr

4) 정회원 · 유신코퍼레이션 수자원부 대리 · E-mail : y12701@yooshin.co.kr

2.2 대상유역

연구분석의 대상유역으로는 청미천유역의 청미수위관측소지점 유역(이하 청미천유역으로 칭함)과 경안천유역의 경안수위관측소지점 유역(이하 경안천유역으로 칭함)을 대상유역으로 설정하였다. 본 연구는 수자원단위지도의 유역체계를 이용하여 수행하였으며, 사용된 DEM(수치표고모형)은 건설교통부와 한국수자원공사에서 수행하고 있는 전국유역조사 사업의 결과물을 이용하였다.

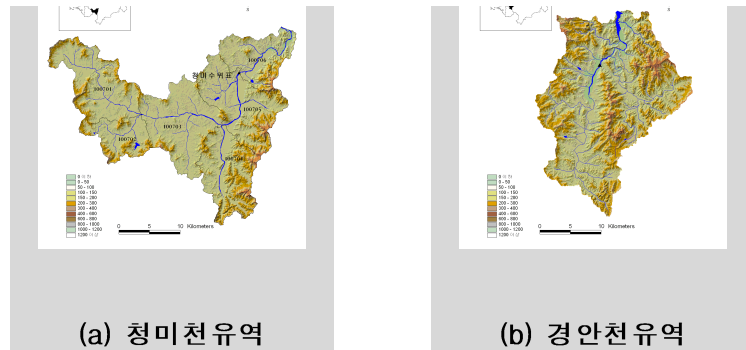


그림 1. 대상유역의 표고분포도 및 하천도

2.3 토양도 및 토지피복

유역의 유출분석에 있어서 실측 유출량 자료가 없는 경우, 직접유출량의 결정이 불가능하여 유효우량을 결정할 수 없게 된다. 이를 해결하기 위하여 유역의 토양특성과 식생피복상태 등에 대한 상세한 자료를 이용하여 총강우량으로부터 유효우량을 결정할 수 있는 방법을 미국토양보존국(U.S. Soil Conservation Service, SCS)에서 개발하였으며, 미계측유역의 초과강우량(유효우량)산정에 사용되게 되었다. SCS는 미국 전역에 분포된 토양종류와 그 특성을 조사하여 토양의 유출률의 크기 역순으로 A, B, C, D형의 4가지 유형으로 분류하였으며 미국내 분포되어 있는 수많은 명칭의 토양종류를 이들 4개형 중 하나로 분류하여 유출률의 정도를 표시하도록 하였으며, 우리나라의 경우도 전국에 걸쳐 토양도(1:25,000 및 1:50,000도)가 작성되어 있고 토양 명칭별로 총유출의 정도에 따라 A, B, C, D형으로 분류할 수 있도록 토양도에 그 특성이 서술되어 있다.

우리나라에서의 토양분류(Soil Group) 및 조사는 과거 1971년 낙동강유역조사시 이미 낙동강유역에서 실시한 바 있으나, 현재는 보고서 상으로만 그 자취가 남아 있을 뿐 당시의 분석자료 및 도면 등 토양분류에 관한 관련자료는 그 근거를 찾기 어려운 실정이다. 그러나 낙동강유역조사 보고서에 의하면 같은 토양부호라도 수문학적 배수등급 A,B,C,D의 특성을 포함하고 있으며 각각의 지배면적을 제시하고 있다. 이후 토양분류에서 수문구분을 시행한 것은 1990년 IHP 사업에서이며, 현재 하천정비 기본계획에서 사용되고 있는 수문구분의 모태로 작용하였다. IHP사업에서의 수문학적 토양형의 구분은 토양의 배수특성을 기준으로 수문구분을 시행하였다. 그러나 본 연구에서는 IHP에 의한 토양분류보다는 낙동강유역조사 시의 토양분류가 더 합리적이라 판단되어 이를 분석에 적용하였다.

유역의 토지이용형태에 따른 식생피복과 처리상태는 유출률에 영향을 미치므로 대상유역의 토지이용도 등을 사용하여 유역의 CN 결정에 이용하여야 한다. CN의 결정시 토지이용도를 적용하여야 하나 현재 토지이용도를 이용 과거로부터 현재까지의 변화 상태를 분석하기가 불가능하므로 인공위성자료를 이용하여 분류한 토지피복분류도를 분석에 활용하였다. 토지피복분류에 이용한 위성영상자료는 Landsat TM자료로서 분류가 가능한 단위는 환경부의 분류체계중 1단위인 7단계 토지피복분류체계를 이용하여 CN의 결정에 이용

하였다. 1985년 이후의 위성영상에서는 수자원분야에서 논과 밭의 구분에 대한 중요도를 감안하여 농경지에서 논 및 밭은 별도로 추가분석을 실시하였다.

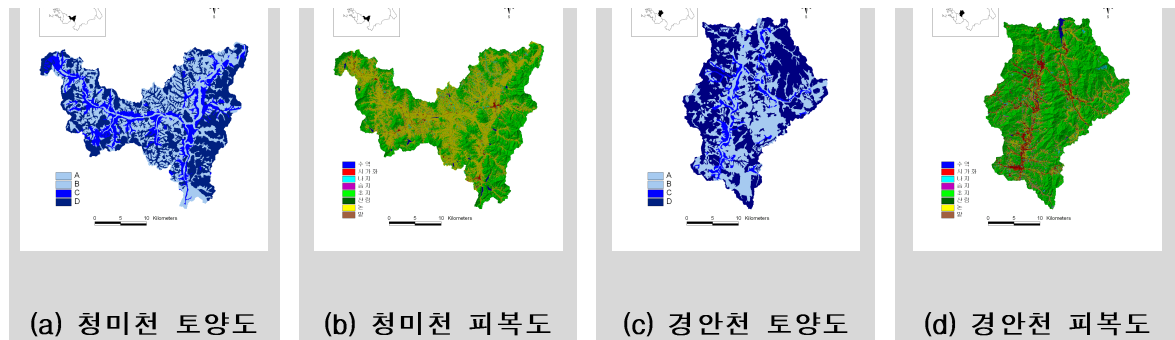


그림 2. 대상유역의 토양도 및 토지피복도

[자료출처] 토양도(1/50,000 개략토양도, 농업진흥청 농업연구소, 1973), 피복도(전국유역조사 결과물)

2.5 유출곡선지수산정

본 연구의 유출곡선지수(CN)의 산정은 SCS 방법을 사용하였는 바, 토지피복과 수문학적 토양군의 자료를 이용(중첩)하여 각 피복별 CN값을 산정한 후에, 면적가중 평균법을 사용하여 유역의 대표 CN값을 도출하였다(AMC-II 조건). 아래의 표 1, 2는 2000년 토지피복을 이용하여 청미천유역과 경안천유역의 CN값을 산정한 결과이며, 표 3은 경년별 유출곡선지수 산정결과를 나타낸 것이다.

표 1. 청미천유역 유출곡선지수(단위 : km², 2000년 기준)

	A		B		C		D		전 체	
	면적	CN	면적	CN	면적	CN	면적	CN	면적	CN
수역	0.21	100	1.34	100	0.94	100	1.10	100	3.59	100.0
도시	1.15	81	4.19	88	4.51	91	2.20	93	12.05	89.4
나지	0.50	77	5.07	86	2.16	91	1.84	94	9.57	88.2
습지	0.00	98	0.00	98	0.00	98	0.00	98	0.00	0.0
초지	2.07	30	27.20	58	6.09	71	13.10	78	48.46	63.8
산림	0.25	36	65.32	60	5.45	73	137.31	79	208.32	72.8
논	16.93	78	74.13	78	72.84	78	56.56	78	220.46	78.0
밭	0.47	62	8.57	71	3.32	78	4.56	81	16.91	74.8
계	21.58		185.82		95.30		216.67		519.37	75.1

표 2. 경안천유역 유출곡선지수(단위 : km², 2000년 기준)

	A		B		C		D		전 체	
	면적	CN	면적	CN	면적	CN	면적	CN	면적	CN
수역	0.23	100	0.10	100	0.13	100	0.04	100	0.50	100.0
도시	3.61	81	9.15	88	11.27	91	4.64	93	28.66	89.1
나지	0.59	77	3.65	86	2.50	91	2.35	94	9.09	88.9
습지	0.30	98	1.08	98	0.16	98	0.56	98	2.09	98.0
초지	0.93	30	13.64	58	2.17	71	13.63	78	30.37	67.0
산림	0.72	36	57.36	60	4.26	73	101.27	79	163.62	72.0
논	2.21	78	10.34	78	7.46	78	7.60	78	27.60	78.0
밭	0.95	62	13.87	71	2.99	78	9.02	81	26.83	74.8
계	9.54		109.19		30.93		139.1		288.76	74.8

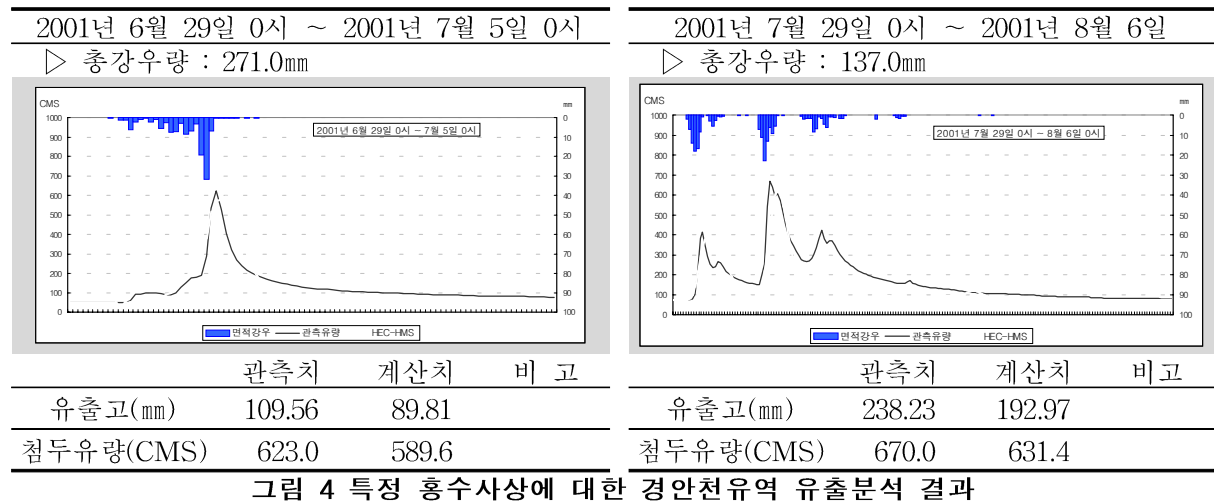
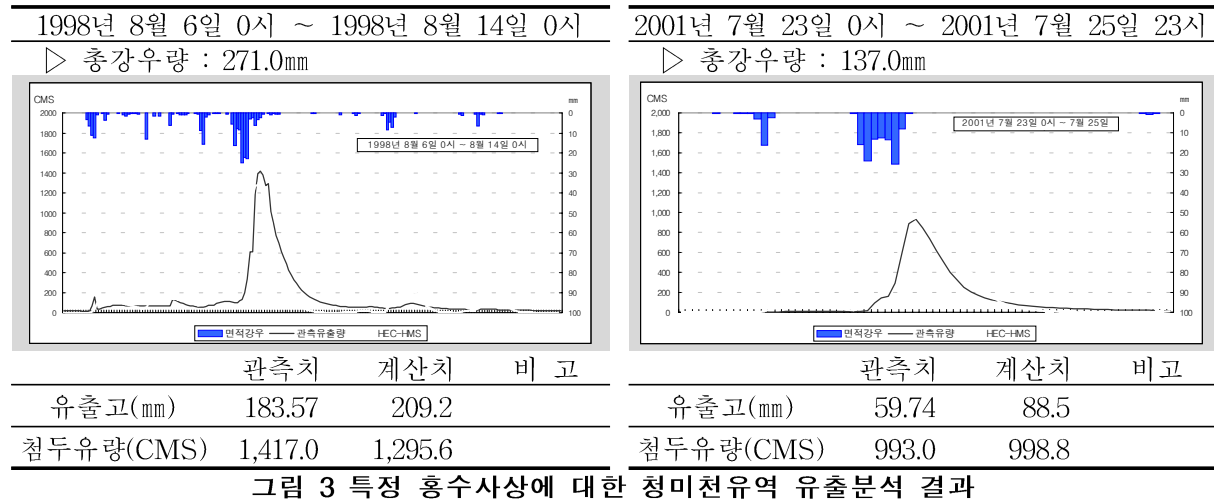
표 3. 경년별 유출곡선지수 현황

유역 \ 연도	1975년	1980년	1985년	1990년	1995년	2000년
청미천	73.8	73.8	75.1	75.1	75.2	75.1
경안천	72.6	72.6	73.1	73.7	74.1	74.8

3. 분석결과

3.1 홍수사상별 대상유역 유출 검토

모형의 적용성을 검토하기 위하여 각 유역별로 2개의 홍수사상을 선정하여 모의를 실시하였다. 그림 3, 그림 4는 청미천유역, 경안천유역에 대하여 각 홍수사상별 관측유량과 계산유량을 비교한 것이다.



3.2 경년별 유출량 분석

(1) 청미천유역

청미천유역의 경우 1985년에서 2000년 사이에는 토지피복의 변화가 적어서 그에 따른 유출량의 변화는 크게 보이지 않고 있다. 그러나 1975년과 1980년은 2000년도와 비교하여 유출량의 차이를 나타내고 있는데, 1975년에 비하여 2000년의 첨두유량이 1998년 사상의 경우 3.40%, 2001년 사상의 경우 2.38% 증가하였다. 이는 산림의 감소, 농경지 및 도시화의 증가에 따른 유출량의 변화를 나타내고 있는 것이다.

표 3. 경년별 토지피복 변화에 따른 유출량 변화추이(청미천유역)

연도	CN	1998년 8월 사상			2001년 7월 사상		
		침투유량 (CMS)	침투유량 도달시간 (Hour)	총유출고 (mm)	침투유량 (CMS)	침투유량 도달시간 (Hour)	총유출고 (mm)
2000년	75.1	1,295.60	1998-8-9 3:00	209.2	998.80	2001-7-24 10:00	88.5
1995년	75.2	1,297.50	1998-8-9 3:00	209.5	994.54	2001-7-24 11:00	88.5
1990년	75.1	1,294.90	1998-8-9 3:00	209.3	998.22	2001-7-24 11:00	88.5
1985년	75.1	1,294.20	1998-8-9 3:00	209.2	997.18	2001-7-24 11:00	88.4
1980년	73.8	1,265.20	1998-8-9 3:00	205.9	957.69	2001-7-24 11:00	86.9
1975년	73.8	1,265.50	1998-8-9 3:00	205.9	965.92	2001-7-24 11:00	86.2

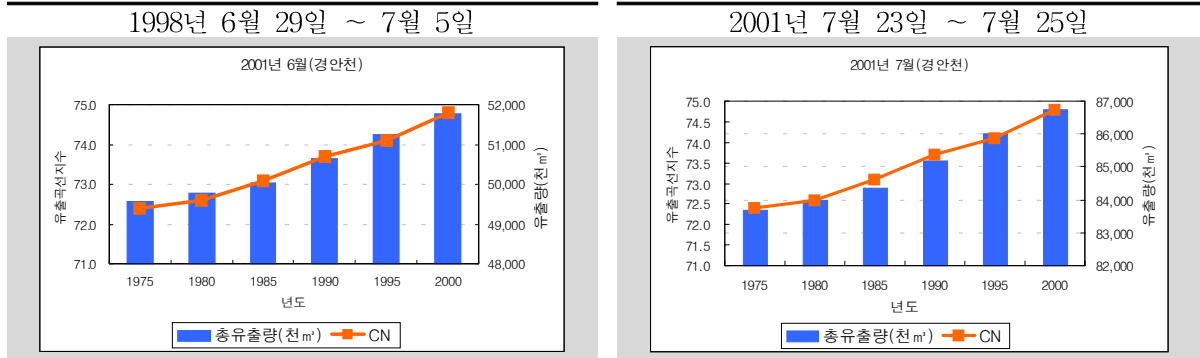


그림 5. 청미천유역 경년별 유출량 변화추이분석

(2) 경안천유역

1975년도 경안천유역의 불투수층비율은 1.66%이었으나, 2000년도에는 10.10%로 급격한 증가를 보인 도시유역이다. 따라서 아래의 표 4에 나타나듯이 침투유량의 변화는 2001년 6월 사상의 경우 10.27%, 2001년 7월 사상의 경우 8.18% 증가하였다. 이와 같은 급격한 유량의 증가는 도시화의 가속화로 인하여 침투유량 및 총유출량이 모두 증가하였음을 알 수 있다.

표 4. 경년별 토지피복 변화에 따른 유출량 변화추이(경안천유역)

연도	CN	2001년 6월 사상			2001년 7월 사상		
		침투유량 (CMS)	침투유량 도달시간 (Hour)	총유출고 (mm)	침투유량 (CMS)	침투유량 도달시간 (Hour)	총유출고 (mm)
2000년	74.8	601.38	2001-6-30 7:00	179.3	615.19	01-07-30 16:00	300.3
1995년	74.1	587.71	2001-6-30 7:00	177.4	603.02	03-07-30 16:00	297.8
1990년	73.7	576.73	2001-6-30 7:00	175.3	593.62	03-07-30 16:00	294.9
1985년	73.1	552.74	2001-6-30 7:00	173.2	575.91	03-07-30 16:00	292.1
1980년	72.6	555.10	2001-6-30 7:00	172.3	573.94	03-07-30 16:00	290.8
1975년	72.4	545.37	2001-6-30 7:00	171.6	568.65	03-07-30 16:00	289.8

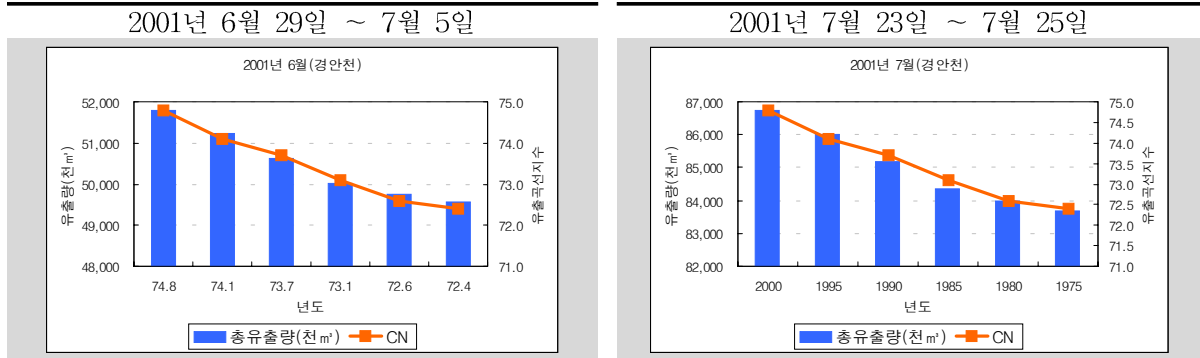


그림 6. 경안천유역 경년별 유출량 변화추이분석

4. 결론

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. GIS로 구축된 토양도, 토지피복도(또는 토지이용도)를 이용하여 구축하는 유출곡선지수 산정 방법은 대유역에 적용이 용이하며, 과거 종이지도를 이용하여 산정하던 방식에서 탈피하여 유역내의 빠르고 정확한 유출곡선지수 산정이 가능하다.
2. GIS TOOL을 이용하여 분석하므로 GIS 와 연계한 유출모형과의 결합이 자유로우며, 분석에서 결과도출까지 일관된 분석과정을 통하여 신뢰성 있는 성과를 도출할 수 있다.
3. 기존의 CN 산정과정에 있어서 관례에 따른 작업절차를 탈피하여 합리적인 산정과정으로 접근함으로써 향후 보다 정확한 산정기법이 제시될 수 있는 가능성을 제공하였다.
4. 유역내 토지이용면적의 변화는 과거 1975년부터 2000년까지 산림의분포면적은 감소해온 반면 도시 및 나지의 면적은 꾸준히 증가해온 것으로 나타났으며, 이로 인하여 CN은 계속해서 증가 추세에 있다.
5. 유역내 토지이용면적의 변화가 유역유출량에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 경년별로 산정된 유출곡선지수를 활용하여 하천유출량의 변화추이를 분석한 결과 불투수층의 증감에 따른 유출량의 변화가 크게 나타나고 있다. 따라서, 본 연구에서 제시한 바와 같이 도시화의 가속으로 유출곡선지수가 계속 증가하게 되면, 향후 유역의 유출량도 이에 비례하여 증가 될 것으로 판단되므로, 유역하류부의 홍수는 보다 집중되고 가중될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 전국 유역조사 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고 문헌

1. 김성준, 박근애, 정인균, 권형중(2003). WMS HEC-1을 이용한 안성천 평택수위관측소 상류유역의 수문 경년변화 분석, 한국수자원학회 논문집, 제36권 제4호, pp. 609-621.
2. 임상준, 박승우(2003). 논지 유출곡선번호 추정, 한국수자원학회 논문집, 제30권 제4호, pp. 379-387.
3. 김성준, 박근애, 정인균, 권형중(2003). WMS HEC-1을 이용한 안성천 평택수위관측소 상류유역의 수문 경년변화 분석, 한국수자원학회 논문집, 제36권 제4호, pp. 609-621.
4. 윤태훈(1990). 중소유역의 유효강우량 산정을 위한 SCS 곡선번호방법의 적용성 연구, 국제수문개발계획(IHP)연구보고서, 건설부
5. 낙동강유역조사(1971). 한국수자원개발공사.
6. IHP 보고서(1990). 건설교통부.
7. 하천 수리 수문분석 시스템 개발(2001). 건설교통부.
8. 김경탁(1998). GIS 적용에 따른 유출응답에 관한 연구, 인하대학교 대학원 박사학위 논문.