

GIS를 이용한 CN 산정에 관한 연구

A Study on the Computation of Curve Number Using GIS

조용재*·박상주**·정인주***·김상용****

Cho, Yong Jae · Park, Sang Ju · Jeong, In Ju · Kim, Sang Yong

要 旨

격자크기에 따른 경사도 분석과 소영역에 대하여 축척별 격자크기(cell size)가 수문인자 결정에 어떠한 영향을 미치는지 연구하고자, 본 연구에서는 수영강 유역의 토지이용도 및 토양도를 분류·선정한 후 GIS를 이용하여 CN을 계산하고, 이 값을 이용하여 수영강 유역의 유출모형을 분석하는데 요구되는 수문학적 지형인자의 결정에 기초자료로 활용하고자 한다. 각 격자크기에 따라 CN을 산정한 결과, 본 연구에서는 격자크기가 100m×100m인 경우 가장 최적인 것으로 나타났다.

Abstract

Recently, there is studying about slope analysis according to cell size and affect in conformity to determination of hydrologic topographical parameters the cell size a classified map scale about subwatershed. In this study, we wish to offer the base data to determination of hydrologic topographical parameters request of runoff model analysis in this basin on the basis of this results that we compute the CN(curve number) using GIS after classify the map of soil and landuse on the Su-Young River basin. Also, as determination a classified cell size of 100m×100m in case of the most optimum size.

1. 서 론

1960년대 말 캐나다에서 토지관리 목적으로 처음 시작된 지리정보체계(Geographic Information System, GIS)는 공간적인 분석을 토대로 다양한 분야에서 적용되고 있으며 여러 학문분야에 연구되고 있다. 현재는 컴퓨터의 성능향상과 광범위한 보급에 의해서 GIS 소프트웨어의 기능이 향상됨에 따라 3차원적인 표현과 객관성 있는 분석을 가능하게 하였다. 이러한 GIS의 기능은 공학적인 분야에서도 여러 지형학적 인자 혹은 수문학적 인자를 추출하는데 있어서 객관적인 판단이 어려운 수문학 분야에 많은 적용을 하고 있다. 또한 GIS 기법은 다양한 지형 관련자료들의 저장 및 분석기능 등을 가지며 공간자료의 위상관계로 수문학분야에서 많은 적용을 하고 있다. 특히 분포형 수문모형은 특정한 유역의 공간자료들이 많이 필요하므로, GIS와 수문학이 자연스럽게 결합을 할 수 있는 것으로 알려져 있으며, 이러한 수문학과의 연관성은 수문모형을 설계 및 검증 등의 작업에

도움을 주고 있다.

CN(Curve Number)은 유역의 수문학적 토양형, 토지 이용, 처리상태 및 선행토양함수조건(AMC)의 함수이며, 한 유역의 유출능력을 나타내는 무차원의 값으로써 수문학 지형의 유출모형 분석에 앞서 필요한 값이다.

본 연구에서는 이처럼 최근 그 적용이 활발히 이루어지고 있는 GIS의 분석 기법 중 Grid분석을 이용하여 유출모형의 매개변수인 CN을 산정하고, 그 분석과정에서 가장 적당한 격자크기를 규명하고자 한다.

2. 자료의 압축 및 저장

격자구조에서 각각의 격자가 가지고 있는 값의 변이가 심하면 격자의 저장구조를 손쉽게 압축할 수는 없다. 하지만 실제로 격자구조에서 보여주는 공간적인 변이는 대개의 경우 그다지 심하지 않다. 즉, 하나의 레이어 내에서 많은 수의 격자는 동일한 속성값을 지닌다는 것이 일반적인 격자구조의 특성이다. 따라서 적절한 압축기법

* 부경대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (choyj1975@hanmail.net)
** 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사 (cjsju@cornet.net)
*** 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사 (gisch@korea.com)
**** 부경대학교 건설공학부 교수 공학박사 (kimsang@pknu.ac.kr)

을 활용하여 자료를 저장함으로써 경제적인 자료의 저장 및 관리가 가능하다. 대표적인 격자구조의 압축기법으로는 run-length code 기법, Quadtree 기법, block code 기법, 그리고 chain code 기법 등을 들 수 있으며, 본 연구에서는 Quadtree 기법을 사용하여 각 자료를 압축 및 저장하였다.

2.1 Run-length code 기법

Run-length code 기법에서는 하나의 행에서 동일한 수치값을 갖는 격자들을 통칭하여 run이라 칭한다. 각 격자들의 동일한 속성값을 개별적으로 저장하는 대신 하나의 run에 해당되는 속성값이 한 번만 저장되고 run의 길이와 위치가 저장되는 방식이다. Run-length code 기법에는 여러 가지가 개발되어 있다.

2.2 Quadtree 기법

Quadtree 기법은 run-length code 기법과 함께 가장 많이 쓰이는 자료 압축기법이다. 크기가 다른 정사각형을 이용하여 run-length code 보다 더 많은 자료의 압축이 가능하다. 전체 대상 지역에 대하여 하나 이상의 속성이 존재할 경우 전체 지도는 4개의 동일한 면적으로 나누어지며 이를 quadrant라 한다. 각각의 quadrant에 대하여 두 개 이상의 속성이 존재하는 지역에 대하여 다시 quadrant를 4등분하게 된다. 이러한 과정이 quadrant가 하나의 속성 값만을 가질 때까지 반복된다. 그 결과로서 나타나는 것이 Quadtree이다. 이러한 Quadtree로 나누는 반

복과정은 미리 사전에 결정된 반복횟수에 의하여 제한을 받게 되므로 무한정으로 반복되는 것은 아니다. 현실적으로는 많은 수의 격자를 갖는 넓은 지역이 하나의 quadrant로써 존재하는 관계로 매우 효과적인 압축이 가능하다.

그림 1은 Quadtree의 구조를 보다 현실적으로 상세히 나타낸 것이다. 그림 (a)는 도심지의 토지이용도를 보여주며, (b)는 자료구조를 스키마로 나타낸 것으로 Quadtree의 구성에 있어서 계급성을 보여주며, Leaf는 더 이상 세분될 수 없는 종료점을 보여주며, leaf를 제외한 다른 점들을 노드라 칭한다. 각각의 노드에 고유번호를 부여하기 위한 번호체계가 많이 고안되었으나 (d)에 나타난 번호체계는 Abel과 Smith에 의하여 고안된 것이다.

이러한 형식의 Quadtree는 번호체계가 순서에 입각하여 원시노드로부터 순차적으로 부여되었으므로 선형 Quadtree라 칭한다.

2.3 Block code 기법

Run-length code 기법에 기반을 둔 것으로 정사각형으로 전체 객체의 형상을 나눈다. 이 방식은 각각의 블록에 대하여 블록의 중심이나 좌하측 시작점의 좌표와 격자의 크기를 나타내는 세 개의 숫자만으로 표기가 가능하다. 이 기법에서는 장사각형의 크기가 클수록 경계가 단순해지고 보다 효율적인 block coding이 가능하다.

2.4 Chain code 기법

Chain code 기법은 대상지역에 해당하는 격자들의 연속적인 연결상태를 파악하는 것이다. 시작점부터의 연결상태를 파악하기 위하여 각각의 방향에 대하여 임의의 수치를 부여할 수 있다. Chain code는 대단한 압축방법으로써 환영을 받으나 객체와 객체간의 중복되는 경계부분은 이중으로 입력되어야 한다는 단점이 있다.

3. 연구대상구역 및 연구방법

3.1 연구대상구역

본 연구의 대상구역은 부산광역시 지방 2급하천인 수영강 유역이며, 수영강은 경상남도와 부산광역시를 포함하여 유역면적이 199.57km²이며 유로연장은 28.4km이다. 수영강의 하류에서 약 9km 상류지점에서 1946년 축조된 상수도 전용댐인 회동댐이 있으며, 회동댐 상류의 면적은 전체 유역면적의 약 50%에 해당하는 100km²에 이른다. 유역의 대부분은 상수도 보호구역으로 개발이 제한된 자연상태의 하천유역이 대부분이며 하천연변의 비교적 낮은 지역은 농경지 및 주거지로 이용되고 있다.

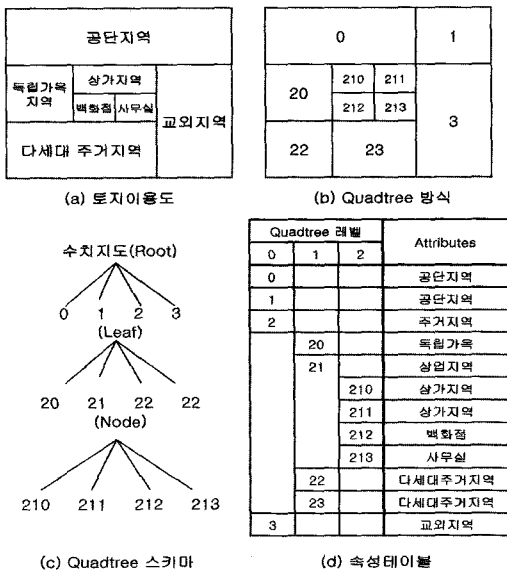


그림 1. Quadtree모형을 이용한 데이터 표현

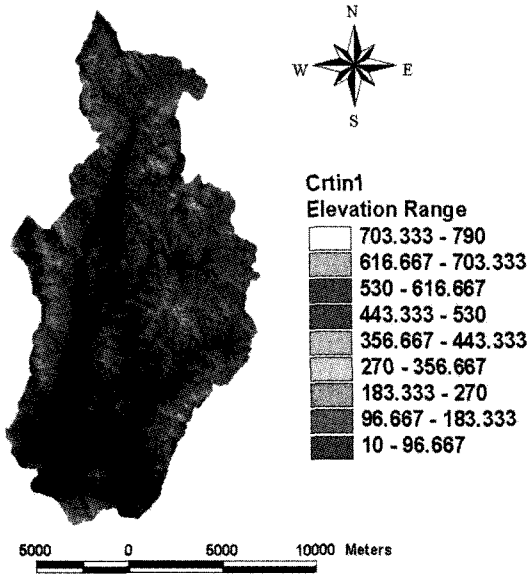


그림 2. 연구대상구역

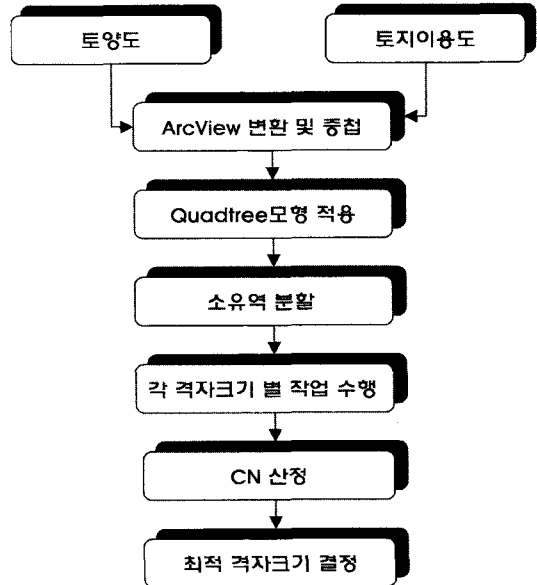


그림 3. 연구방법

수영강의 하류지역은 도시하천으로 바다를 접하고 있는 감조하천의 영향을 받고 있다. 총 수영강의 토지이용현황은 임야가 59.1%, 농경지가 12.9%, 수계가 1.9%, 초지가 1.0%이며 도시지역은 25.1%로 이루어져 있다.

본 연구는 Grid 분석을 이용하여 CN을 산정하는데 있어서 격자크기의 영향을 비교하여 수문학적분석에서 적절한 격자크기를 규명하고자 한다. 만약 유역면적이 큰 경우에 격자크기를 유역면적이 적은 경우와 같게 한다면 컴퓨터의 계산수행 능력에 크게 좌우된다. 그리고 Grid 분석 시에도 많은 시간이 소요되며 예러도 많이 발생함을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 수문지형분석 시 유역크기에 따라 적절한 격자크기를 결정하는데 도움을 주고자 한다. 연구대상유역은 부산광역시 전체유역의 50%를 넘는 큰 유역이다. 연구대상유역의 Grid분석은 1/25,000 수치지도를 이용하여 실시하였다. Grid 분석 시 격자크기는 10m × 10m, 20m × 20m, 30m × 30m, 40m × 40m, 50m × 50m, 100m × 100m, 200m × 200m, 300m × 300m, 400m × 400m, 500m × 500m, 600m × 600m, 700m × 700m, 800m × 800m, 900m × 900m, 1000m × 1000m로 각각 격자를 생성하였다.

본 논문의 연구방법은 GIS의 대표적인 응용 프로그램인 ArcView를 이용하였으며, 부산광역시의 수영강 유역을 대상지역으로 토지이용도 및 토양도를 분석하고 등시간선으로 나눈 후에 토양형을 결정하였다. CN 산정 시 토양형태는 농경지, 산지, 주거지 및 수계로 분류하였으

며, 이러한 토지이용도와 토양도를 ArcView상에서 격자(Grid)분석을 통하여 유역을 분할하였고 중첩분석에 의해 각 유역별 토양형태에 따라서 면적 값을 산정하였다. 본 연구가 수문학적 지형분석 시 격자크기를 결정함에 있어서 도움을 주기 위한 것이므로 위와 같은 작업을 각각의 격자별로 실시하여 각 격자별로 따라 소유역별로 CN을 산정하고 비교 분석해 보았다. 이러한 과정으로 얻어진 CN은 수치지형도를 이용하여 수문지형 분석 시 격자크기의 결정에 큰 도움을 줄 수 있다고 판단되며, 이러한 일련의 과정은 그림 3에서 보는 바와 같이 나타낼 수 있다.

3.2 대유역의 CN값과 평균경사도 비교

그림 4와 같이 소유역으로 분할하여 각 격자별로 CN을 산정하여 분석하였다. 2002년 토목학회의 “수문지형인자 추출에 따른 축척별 격자크기 결정에 관한 연구”에서도 격자별로 평균경사도를 산정한 결과와 비교 분석 시 유역면적(약200km²)이 큰 경우에는 평균경사도의 분석과 같이 격자크기가 10m에서 100m까지는 일정함을 보이다가 그 이상의 격자크기가 되면 분산되는 경향을 보였다.

또한, 선행토양함수조건(AMC)을 I, II, III에 따라 CN을 산정하여 각 격자별로 분석했을 때도 100m이상의 격자크기가 되면 분산되었으며, 그래프화 하여 비교 시에도 거의 유사하게 분석되었다. 여기서, 선행토양함수조

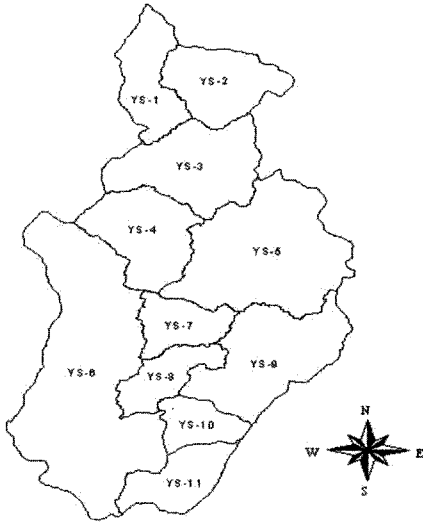


그림 4. 소유역 분할

건(AMC)이란 총강수량과 유효우량간의 관계분석에 있어 5일 혹은 30일 선행강수량을 이용하여 유역의 선행 토양함수조건을 대변하는 지표로서 SCS에서는 선행토양함수조건(Antecedent soil Moisture Condition, AMC)을 성수기(growing season)와 비성수기(dormant season)로 나누어 3가지 조건을 부여하였으며, AMC-I는 유출률이 대단히 낮은 상태, AMC-II는 유출률이 보통인 상태, AMC-III는 유출률이 대단히 높은 상태를 나타낸다.

표 1은 Quadtree를 이용하여 대상유역에 대한 code를 부여한 결과이다. 앞서 언급한 것처럼, 본 연구에서는 자

표 1. Quadtree를 이용한 code부여

		CN			
토지이용도		토양도		Number	CN
구분	code	구분	code		
수계	10	-	-	-	100
산지, 밭	30	M(A Type)	1	31	36
	30	R(C Type)	2	32	73
	30	A(B Type)	3	33	60
	30	R(D Type)	4	34	79
농경지	40	M(A Type)	1	41	67
	40	R(C Type)	2	42	85
	40	A(B Type)	3	43	78
	40	R(D Type)	4	44	89
도시지역 및 주거지	60	M(A Type)	1	61	77
	60	R(C Type)	2	62	90
	60	A(B Type)	3	63	85
	60	R(D Type)	4	64	92

료의 압축 및 저장기법 중 Quadtree 기법을 사용하였으며 각 데이터를 Root 단위로 수계, 산지와 밭, 농경지, 도시지역 및 주거지로 분류하였으며, Leaf 단위로 각 토양도에 따른 구분을 수행하였다. 이렇게 구분된 각각의 데이터에 따라 최종적으로 면적을 고려하여 CN을 산정하였다. 이러한 일련의 과정들은 각 격자크기에 따라 반복 수행하였다.

본 연구에 사용된 수영강 유역의 토지이용도와 토양도는 종이 지도를 디지털화하여 ArcView로 변환하여 사용하였으며 그림 5와 그림 6에서 보는 바와 같이 토양도와 토지이용도에 각각의 code를 부여하였다.

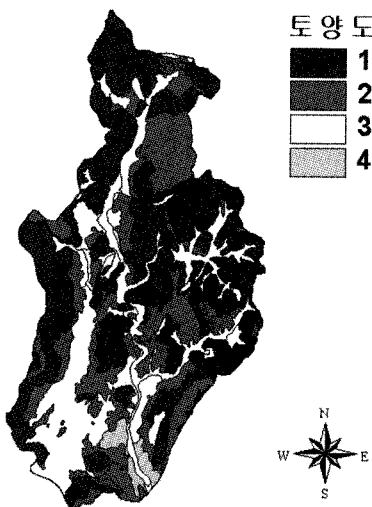


그림 5. 토양도

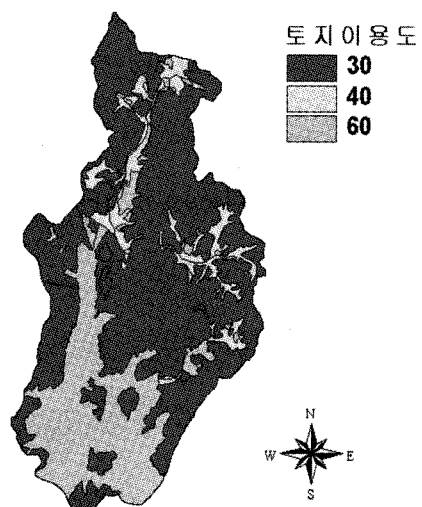


그림 6. 토지이용도

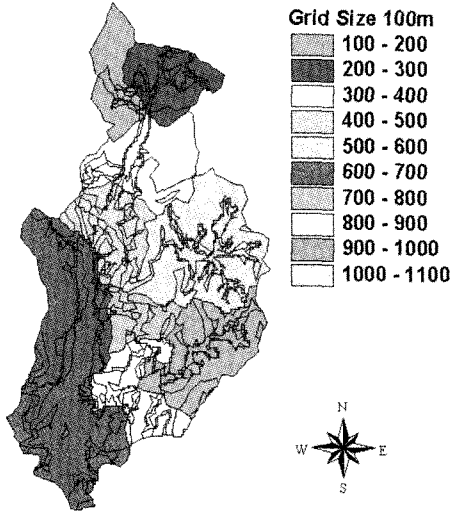


그림 7. 격자크기(100m×100m)

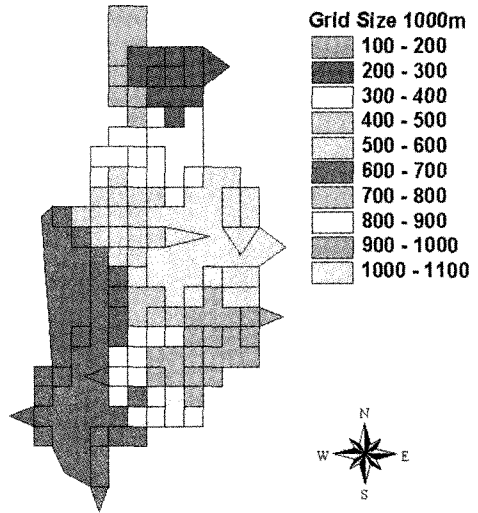


그림 8. 격자크기(1000m×1000m)

부여된 Code를 각 조건별로 ArcView의 Map Calculate 기능을 사용하여 조합한 후 해당지역의 전체대상유역에 대하여 CN을 추출하였다.

3.3 각 소유역별 CN값의 비교

수영강유역을 소유역으로 분할하였고 이러한 각 소유역에 따른 CN의 변화는 격자크기가 10m부터 100m까지는 일정하다가 100m 이상에서는 분산되는 결과를 보였다. 표 2는 소유역별 격자크기에 따른 CN을 산정한 것이다.

4. 결과 및 고찰

이와 같은 격자 크기에 따른 CN의 변화를 검토한 결과는 다음과 같으며, 표 2의 결과를 토대로 각 격자별로 선행함수조건(AMC-III)에 따른 CN을 비교 분석한 것을 그림 9에서 볼 수 있으며, 격자크기가 100m 이상인 경우에 값들이 분산되는 것을 확인할 수 있다. 향후 이러한 결과로 인해서 수문지형인자 추출 시 격자의 크기 결정과 자료의 처리 및 분석 시 소요되는 시간을 단축할 수

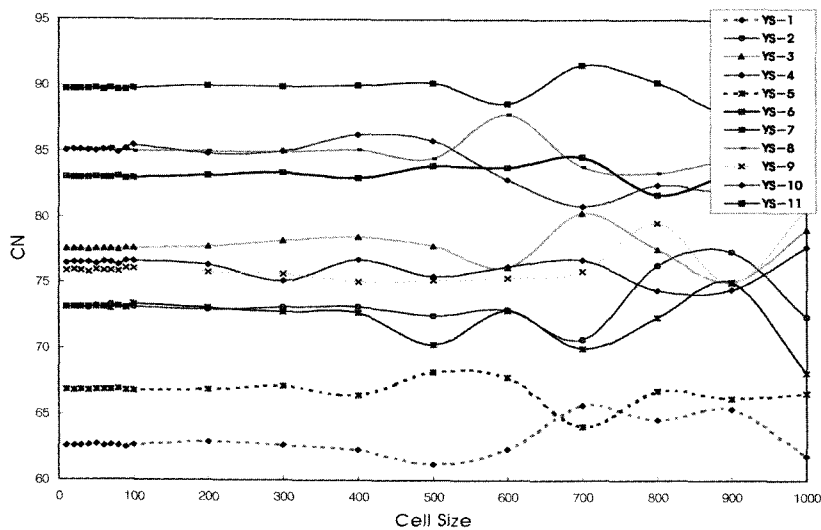


그림 9. 격자크기에 따른 CN

표 2. 소유역별 격자크기에 따른 CN 산정

유역	AMC	Cell Size																		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	I	23.41	23.40	23.39	23.44	23.50	23.39	23.44	23.40	23.33	23.44	23.61	23.42	23.19	22.37	23.22	25.92	24.97	25.69	22.83
	II	42.12	42.11	42.09	42.16	42.24	42.09	42.16	42.11	42.02	42.17	42.39	42.14	41.82	40.69	41.87	45.45	44.21	45.14	41.33
	III	62.60	62.59	62.57	62.64	62.72	62.57	62.64	62.59	62.50	62.64	62.86	62.62	62.31	61.21	62.36	65.71	64.58	65.43	61.84
2	I	33.20	33.19	33.18	33.16	33.24	33.21	33.26	33.28	33.13	33.21	33.02	33.19	33.29	32.52	33.02	30.60	37.12	38.45	32.45
	II	54.19	54.19	54.18	54.15	54.25	54.21	54.37	54.29	54.12	54.21	54.00	54.18	54.29	53.43	54.00	51.21	58.43	59.80	53.36
	III	73.13	73.12	73.11	73.09	73.17	73.14	73.27	73.20	73.07	73.14	72.97	73.12	73.21	72.52	72.97	70.71	76.37	77.38	72.46
3	I	38.69	38.67	38.70	38.63	38.72	38.68	38.70	38.64	38.78	38.74	38.90	39.56	39.94	38.98	36.88	42.69	38.69	35.51	40.77
	II	60.04	60.02	60.05	59.98	60.07	60.03	60.05	59.99	60.13	60.09	60.25	60.91	61.29	60.33	58.18	63.95	60.04	56.73	62.11
	III	77.56	77.54	77.56	77.51	77.58	77.55	77.57	77.52	77.63	77.59	77.71	78.18	78.46	77.77	76.19	80.31	77.55	75.10	79.03
4	I	37.24	37.29	37.29	37.30	37.16	37.38	37.32	37.09	37.48	37.48	37.12	35.57	37.65	36.00	36.92	37.61	34.76	34.79	38.91
	II	58.55	58.61	58.61	58.61	58.48	58.70	58.64	58.40	58.80	58.80	58.43	56.80	58.98	57.25	58.22	58.94	55.92	55.95	60.27
	III	76.47	76.51	76.51	76.51	76.41	76.58	76.53	76.35	76.65	76.65	76.37	75.15	76.78	75.49	76.22	76.75	74.47	74.50	77.72
5	I	26.90	26.89	26.89	26.88	26.90	26.90	26.91	26.97	26.84	26.88	26.89	27.18	26.57	28.18	27.80	24.58	26.85	26.37	26.72
	II	46.69	46.69	46.69	46.68	46.70	46.70	46.72	46.78	46.62	46.68	46.69	47.06	46.28	48.31	47.83	43.69	46.64	46.03	46.47
	III	66.83	66.82	66.83	66.82	66.83	66.83	66.85	66.91	66.77	66.82	66.83	67.15	66.46	68.25	67.83	64.08	66.78	66.23	66.63
6	I	47.20	47.04	47.02	47.08	47.19	47.04	47.10	47.23	47.02	47.06	47.44	47.80	47.10	48.74	48.49	50.09	44.94	47.38	44.38
	II	68.04	67.90	67.88	67.93	68.03	67.90	67.95	68.06	67.88	67.92	68.25	68.56	67.95	69.36	69.15	70.50	66.02	68.19	65.52
	III	83.04	82.95	82.94	82.97	83.03	82.95	82.98	83.06	82.93	82.96	83.17	83.37	82.98	83.89	83.75	84.60	81.72	83.14	81.38
7	I	33.18	33.20	33.17	33.20	33.19	33.19	33.05	33.28	33.11	33.48	33.14	32.81	32.77	30.19	32.91	29.87	32.36	35.48	28.10
	II	54.18	54.20	54.16	54.20	54.18	54.19	54.03	54.29	54.10	54.51	54.13	53.76	53.72	50.74	53.88	50.35	53.25	56.70	48.20
	III	73.12	73.13	73.10	73.13	73.12	73.12	73.00	73.20	73.05	73.38	73.08	72.78	72.75	70.31	72.87	69.99	72.37	75.07	68.15
8	I	50.99	50.94	50.97	51.01	50.97	50.90	51.25	50.84	50.96	50.83	50.84	50.74	51.03	49.87	56.81	48.65	47.79	49.61	48.76
	II	71.24	71.20	71.23	71.26	71.23	71.16	71.46	71.11	71.21	71.11	71.12	71.04	71.27	70.31	75.80	69.28	68.55	70.10	69.38
	III	85.07	85.05	85.06	85.08	85.06	85.02	85.20	84.99	85.05	84.99	84.99	84.94	85.09	84.49	87.81	83.84	83.37	84.36	83.90
9	I	36.52	36.55	36.52	36.37	36.54	36.51	36.53	36.44	36.72	36.70	36.36	36.23	35.47	35.67	35.83	36.51	41.57	35.45	43.15
	II	57.80	57.83	57.81	57.64	57.82	57.79	57.81	57.72	58.01	58.00	57.63	57.50	56.69	56.90	57.07	57.79	62.88	56.67	64.38
	III	75.91	75.93	75.91	75.79	75.92	75.90	75.91	75.84	76.06	76.05	75.78	75.68	75.07	75.22	75.35	75.90	79.57	75.05	80.61
10	I	50.92	50.99	50.99	50.96	50.80	51.02	51.07	50.55	51.17	51.76	50.53	50.83	53.43	52.42	46.86	43.54	46.14	45.39	47.93
	II	71.18	71.24	71.24	71.22	71.08	71.26	71.31	70.88	71.39	71.87	70.86	71.11	73.20	72.40	67.74	64.74	67.10	66.43	68.67
	III	85.03	85.07	85.07	85.05	84.97	85.08	85.11	84.84	85.16	85.46	84.83	84.99	86.27	85.78	82.84	80.85	82.43	81.99	83.44
11	I	61.44	61.39	61.45	61.34	61.60	61.22	61.49	61.26	61.23	61.60	62.07	61.78	62.20	62.65	58.71	66.48	62.80	56.57	55.32
	II	79.14	79.11	79.15	79.07	79.25	78.99	79.17	79.01	78.99	79.25	79.58	79.38	79.67	79.97	77.20	82.53	80.08	75.62	74.67
	III	89.72	89.70	89.72	89.68	89.78	89.63	89.74	89.65	89.64	89.78	89.96	89.85	90.01	90.18	88.62	91.57	90.24	87.70	87.14

있을 것이라고 생각한다. 격자크기에 따른 본 연구의 결과는 그림 7과 그림 8에 나타난 것처럼 격자의 크기가 커질수록 그 결과의 표현에 있어서 정확성이 크게 떨어짐을 알 수 있다. 그림 7은 격자의 크기를 100m×100m로 한 것이며, 그림 8은 격자의 크기를 1,000m×1,000m

로 한 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 유역면적이 약 200km²인 수영강 유역

에 대하여 격자별 CN의 변화를 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 격자의 크기가 10m에서 100m까지는 CN이 일정하지만 100m이상에서는 분산됨을 알 수 있었다.

둘째, 소유역 1의 AMC-II에서 격자크기가 100m×100m인 경우는 CN이 42.17로 나타났으나, 격자크기가 900m×900m인 경우에는 CN이 45.14로써 차이가 발생함을 알 수 있었다.

셋째, 최적의 격자크기를 산정함으로써 수문학적 분석에 필요한 자료의 처리와 분석에 소요되는 시간을 줄일 수 있었다.

따라서 향후 토양형태와 격자크기의 좀더 세밀한 변화로 수문지형인자를 추출하여 수문해석 시 더 정확한 값을 산정할 수 있도록 도움을 주고자 한다.

참고문헌

1. 김광섭, "Contraction mapping 기법을 사용한 remotely sensed 토양수분자료의 down scaling에 관한 연구", 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 2002.
2. 김계현, "GIS 개론", 대영사, 1998.
3. 김석규, 김철, "PRMS을 이용한 도시화에 의한 수문영향 평가", 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 2002.
4. 김홍태, 장종경, 신현석, "GIS와 신경망기법을 이용한 CN값 산정에 관한 연구", 대한토목회 학술발표회 논문집, 2002.
5. 윤탈훈, "응용 수문학", 청문각, 2001.
6. Jay Lee, David W. S. Wong, "Statistical analysis with ArcView GIS", John Wiley & Sons, Inc, 2001.
7. John R. Jensen, "Introductory Digital Image Processing; A Remote Sensing Perspective", Prentice Hall, 1996, pp. 197-231.
8. M. G. F. Werner, "Impact of Grid Size in GIS Based Flood Extent Mapping Using a 1D Flow Model", Journal of Phys. Chem. Earth, Vol. 26, 2001, pp. 517-522.
9. Paul J. Curran, "Principles of remote Sensing", Longman Scientific & Technical, 1985, pp. 209-221.

1. 김광섭, "Contraction mapping 기법을 사용한 remotely

(접수일 2003. 6. 15, 심사 완료일 2003. 8. 3)