

GIS에 의한 강우의 시공간 분석

○ 고덕구¹⁾ · 박노혁²⁾

1. 서 론

다목적댐에 의한 홍수조절 효과를 극대화하기 위해서는 댐유입량과 하류홍수유출의 정확한 예측이 선행되어야 한다. 유역으로부터의 유출량을 예측한다는 것은 현재까지 내린 강우나 이후 예상되는 강우가 유역에 강하한 후 지표류 또는 하도류의 형태로 흘러 댐지점이나 홍수조절의 대상이 되는 지점까지 흘러가는 과정을 시간적 공간적으로 모의하는 작업이다. 강우로부터 유역유출을 모의하기 위한 도구로서 수많은 강우-유출모형이 개발되었으며, 우리 나라에서는 저류함수모형을 다목적댐의 홍수조절 및 수계의 홍수예경보 업무에 사용하고 있다. 저류함수모형은 대상 유역을 여러 개의 소유역으로 분할하고, 각 유역별 강우-유출과정과 하도유출 과정을 저류함수법에 의해 해석하도록 되어 있으며, 각 소유역별 강우량을 입력자료로 사용한다. 따라서 유역 및 하도의 저류능에 관련된 매개변수와 강우량이 정확한 유출량 산정의 관건이 된다.

실시간으로 전송된 강우량은 우량계가 설치된 지점의 강우량이며 실제 자연계에서는 강우량의 분포가 매우 불규칙하여 한 지점의 강우량을 유역 전체의 강우량으로 취급하기는 어렵다. 이와 같은 문제를 극복하기 위하여 여러 개소의 강우 관측소를 망으로 구성하고, 각 지점에서 관측된 강우량을 산술 평균하는 등의 방법을 통해 유역 평균강우량을 산정하고자 노력해 왔다. 이와 같은 방법 중에는 산술평균법과 등우선도법, 그리고 티센법(Thiessen Method) 등을 대표적으로 들 수 있다.

본 연구에서는 최근 공간정보의 관리와 분석 등에 널리 적용되고 있는 지리공간정보시스템(Geographic Information System; GIS)의 공간추정기법을 이용하여 관측된 지점의 강우량을 시공간적으로 분포시킬 수 있는 방법을 고안하였다.

1 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원

2 한국수자원공사 수자원연구소 연구원

2. GIS에 의한 공간추정

GIS의 특징은 각종 공간자료를 분석하여 자료의 변이를 추정하는 자료분석 기능에 있다. 이와 같은 분석을 통해 여러 계층의 자료를 중첩하여 새로운 자료층을 생성하거나 공간상의 일부 지점의 자료를 확장하여 전체 영역으로 확장된 새로운 자료를 생성하기도 하며, 이를 공간추정이라 한다.

공간추정이란 공간상에 존재하는 각종 자료를 활용하여 새로운 정보를 생성하는 것으로서, 기존에 알고 있는 특정 지점이나 지역의 속성값을 이용한 내삽(interpolation)의 방법에 의해 알려지지 않은 지점이나 지역의 속성값을 추정하는 것이다. 속성의 성격에 따라 적절한 모델의 형태를 결정하는 것과 측정값을 갖는 점들의 수와 분포 정도, 측정의 정확성 등이 정확한 공간추정의 관건이며, 이와 같은 모델에는 회귀분석법과 티센법, Fourier급수, spline, moving average, kriging 등에 의한 방법이 있다.

티센법은 경계선을 이용한 공간추정기법의 하나이며, GIS로 공간추정이라는 용어가 정의되기 이전부터 강우의 공간분포를 추정하는데 널리 이용되어 왔다. 그러나 이 방법은 공간의 분포가 단순히 관측점의 위치에 의해 결정되고, 강우관측소가 포함된 다각형 내의 영역에 있어서는 균일한 강우가 내린 것으로 취급하여 국지적으로 집중된 강우의 경우 이를 적절히 반영하지 못하는 문제를 가지고 있다.

본 연구에서는 지점 강우량으로부터 공간추정을 수행하는데 GIS 소프트웨어 중 하나인 IDRISI를 사용하였다. IDRISI는 미국 Clark대학에서 1987년에 처음 공개한 지리정보 및 영상분석(image analysis)용 소프트웨어이다.

IDRISI에서의 공간추정 기능은 표면 보간(surface interpolation) 메뉴에 포함되어 있는 4가지 모듈 중 하나에 의해 이루어지며 표 1은 각 모듈의 기능과 특성을 설명한 것이다.

3. 강우량 시공간 분석 시스템 개발

3.1 기본도의 작성

우량관측소로부터 전송되어온 실시간 우량자료를 GIS의 공간추정에 의해 유역 내 전체 영역에 대한 강우분포도로 변환하기 위해 전술한 바와 같이 IDRISI를 사용하였으며, 이를 위해서는 공간추정을 위한 기본 자료인 관측소의 공간적 위치를 나타내는 관측망 벡터도와 속성을 나타내는 자료파일이 필요하다.

표 1 IDRISI 소프트웨어의 공간추정 모듈

모듈명	기능 및 특성
INTERCON	<ul style="list-style-type: none"> - 디지털화된 등가선으로부터 표면 보간 - 수치고도모형(DEM: Digital Elevation Model)을 용이하게 작성 - 선형보간법을 사용하므로 연결구간간에 불연속된 각면을 남기는 경향이 있음
INTERPOL	<ul style="list-style-type: none"> - 점에 관한 벡터와 특징 규모를 나타내는 속성(고도 또는 강우량)으로부터 표면 보간 - 가중거리평균(distance-weighted average)이나 잠재력모형(potential model)에 의해 전체영역의 표면을 보간
TREND	<ul style="list-style-type: none"> - 불규칙하게 분포된 일련의 지점으로부터 1차, 2차, 3차 다항식의 경향면을 계산해주며, 그 결과 하나의 보간면을 산출 - 컨트롤 지점에 다소간의 오차가 존재하는 경우나 표면의 변산도가 작은 경우 유리 - 발생 빈도와 같은 통계학적 공간적 경향을 탐색하여 표면 보간 수행
THIESSEN	<ul style="list-style-type: none"> - 불규칙하게 분포된 점들에 대한 티센 다각형 망을 생성 - 연속면 공간면이 아닌 단계별 공간면 산출

관측망 벡터도는 지도를 이용한 디지털이징에 의해서도 가능하며, 각 강우관측소의 일련번호(ID number)와 UTM 좌표계에 의한 x, y 좌표를 키보드로 입력하여 작성할 수도 있다. 이 파일은 매 행마다 하나의 관측소에 대한 번호와 x, y 좌표값이 배열된 포맷을 가지고 있다. 한편 매 행마다 각 강우관측소를 참조하는 번호와 누가 강우량, 또는 강우강도를 배열하는 형태로 공간추정을 위한 속성자료 파일이 작성되도록 하였다.

3.2 공간추정모듈 선택

본 연구에서는 강우량을 공간 분포시키는데 IDRISI의 INTERPOL 모듈을 적용하였다.

INTERPOL 모듈은 대상 영역 전체를 비어있는 그리드셀(grid cell)로 구성하고 관측소가 위치한 지점의 셀을 제어 지점(control point)으로 하여, 각 셀과 제어 지점 셀간의 거리 및 제어 지점 강우량의 함수로 각 셀의 강우량을 계산하는 프로그램이다. 여기서 거리 가중치 $1/d^n$ 의 지수 n은 사용자가 선택할 수 있도록 되어 있으나 일반적으로 2를 사용하고 있으며, 특정 셀을 보간할 때 6개의 최근린 제어 지점을 이용하는 것이 일반적이지만 제어 지점의 밀도에 따라서는 4-7개의 지점을 사용하는 가변탐색반경(variable search radius)이 선택되기도 한다.

INTERPOL 모듈에 의한 공간추정을 수행하기 위한 과정을 매크로 명령어로 작성하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

```
interpol x 2 rain_tm raint mm 1 2.0 y 1 2 136 163 rain.val  
interpol x 2 rain_tm rainacc mm 1 2.0 y 1 2 136 163 accr.val
```

여기서 rain_tm은 강우관측망 벡터도의 명칭이며, raint 및 rainacc는 공간 추정의 결과로 생성되는 강우강도 분포도와 누가강우 분포도의 명칭이고, 136과 163은 그리드의 가로 및 세로 방향 셀 수이다. 한편 rain.val과 accr.val은 각각 강우 강도와 누가강우량이 저장된 속성자료파일의 이름을 나타내고 있다. mm는 속성의 단위이며, 그 외의 매개변수는 디폴트(default)로 지정된 값들이다.

4. 시스템의 적용

4.1 대상 구역

개발된 시스템을 적용하기 위한 대상 구역으로는 금강유역을 선택하였다. 1:250,000 축척의 금강유역지형도에 분할된 소유역 구분을 디지털화하여 댐 상하류 유역의 소유역분할도를 기본 벡터도로 작성하였다. 또한 현재 금강 유역에서 홍수예경보에 활용되고 있는 TM우량관측소의 UTM 좌표계 x, y좌표값을 입력하여 강우관측망도 rain_tm을 작성하였으며, TM으로부터 전송된 우량값은 속성자료 파일에 자동으로 입력될 수 있도록 하였다.

4.2 호우사상

시스템의 시험 적용을 위해 1997년 8월 3일~10일까지의 호우 사상을 선택하였으며, 이 때 티센법에 의해 산정된 댐 상하류 유역의 평균강우량은 각각 221mm와 171mm이었다.

4.3 결과 분석

공간추정에 의해 매시간 작성된 강우강도와 누가강우 분포도를 연속적으로 화면 출력하여 강우의 시공간 분포를 파악할 수도 있으며, 각 셀의 시간별 강우강도나 누가우량을 별도의 시리즈로 분류하면 특정 지점에서의 시간적 분석을 위한

자료를 작성하는 것도 가능하다. 또한 GIS의 clipping기능을 이용하여 각 소유역별 강우량을 산정할 수도 있다. 강우의 시공간 분석 모듈을 이용하여 작성한 유역의 강우강도 분포도와 누가강우 분포도의 예는 그림 1 및 그림 2와 같다.

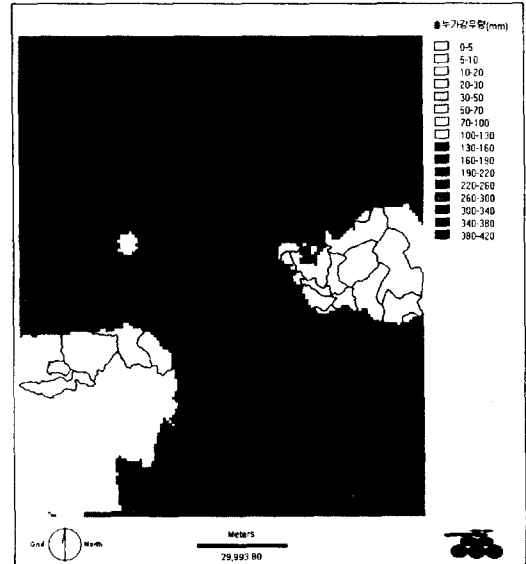
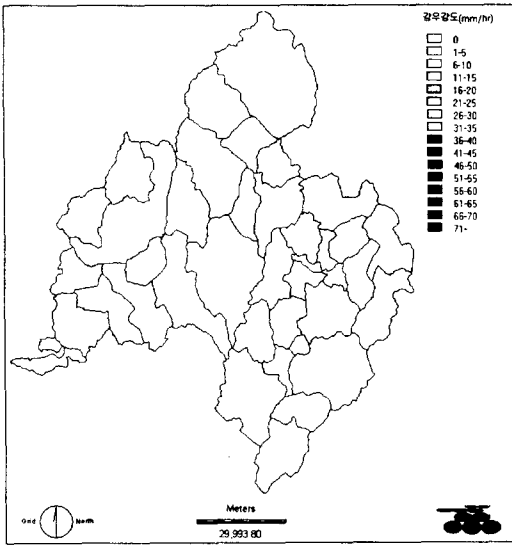


그림 1 강우의 시공간 분석 Module에 의한 강우강도 분포 Map

그림 2 강우의 시공간 분석 Module에 의한 누가강우 분포 Map

개발된 시공간 분석 시스템에 의해 산정한 소유역별 누가우량을 기존 티센법에 의한 강우량과 비교한 결과는 표 2와 같았다. 댐상류의 14번 소유역과 댐하류의 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 18번 소유역에서는 보간법에 의한 강우량이 티센법에 의한 값보다 작게는 3mm에서 많게는 133.1mm 정도로 크게 계산되었으나, 이를 제외한 다른 소유역에서는 티센법에 의한 강우량이 보간법에 의한 값보다 작게는 0.7mm에서 많게는 72.3mm 정도로 크게 계산되었다.

5. 결론

GIS소프트웨어인 IDRISI의 공간추정기법을 이용하여 매 시간별로 변화하는 강우의 시공간 분석을 수행할 수 있는 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템을 금강유역의 1997년 8월 3일~10일까지의 호우사상에 적용하여 유역의 시간별 강우강도 및 누가강우 분포도를 디스플레이해 본 결과, 이를 홍수조절업무에 활용할 수 있을 것으로 판단되었다. .

표 2 티센법과 공간추정법에 의한 소유역별 강우량 비교

(단위:mm)

소유역번호	덤상류			덤하류		
	공간추정(1)	티센(2)	(2)-(1)	공간추정	티센	(2)-(1)
1	172.9	220.7	47.8	272.2	322.8	50.6
2	180.6	252.9	72.3	316.7	183.6	-133.1
3	193.6	251.9	58.3	200.2	189.4	-10.6
4	188.0	248.6	60.6	258.4	327.3	68.9
5	158.3	214.2	55.9	197.5	188.8	-8.7
6	175.2	213.0	37.8	214.4	208.4	-6.0
7	211.1	233.9	22.8	234.6	231.6	-3.0
8	193.2	216.7	23.5	230.5	248.6	18.1
9	155.2	189.2	34.0	207.0	227.1	20.1
10	129.4	164.8	35.4	149.2	140.6	-8.6
11	190.4	205.8	15.4	172.4	193.1	20.7
12	150.8	161.8	11.0	172.7	200.7	28.0
13	170.4	198.9	28.5	179.2	205.1	25.9
14	201.9	176.2	-25.7	195.4	231.0	35.6
15	274.8	293.1	18.3	142.9	163.1	20.2
16	210.9	241.7	30.8	128.5	129.6	1.1
17	190.9	193.0	2.1	114.8	115.5	0.7
18	207.6	220.9	13.3	97.4	83.0	-14.4
19	264.2	276.5	12.3	-	-	
20	264.7	299.1	34.4	-	-	
21	329.6	385.3	55.7	-	-	
합계	191.57	220.91	29.34	165.90	170.91	5.01

이 시스템에 의해 산정된 유역 강우는 기존의 티센법에 의해 산정된 값에 비해 적게 나타났으며, 장차 이 방법에 의한 유역 강우의 적용성을 검증하기 위해 보다 다양한 유역에 대해 여러 개의 호우사상을 대상으로 분석 검토할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

본 연구는 장차 수문 레이더에 의한 유역 강우의 파악과 고도의 분산형 강우-유출모형을 도입하기 위한 기초 연구로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김계현, 1998, GIS 개론, 대영사
2. J.R. Eastman, 1997, Idrisi for Windows; User's Guide Version 2.0, Clark University.