

공간 분포된 강우를 이용한 유출 해석

Runoff Analysis using Spatial distributed Rainfall

안 상 진*, 윤 석 환**, 함 창 학***
Sang Jin Ahn, Seok Hwan Yoon, Chang Hahk Hahm

요 지

본 연구에서는 지점강우를 이용하여 크리깅 기법을 통해 공간적으로 분포된 강우자료를 생성하였으며, HEC-GeoHMS 모형을 이용하여 대상유역의 지형자료, 수문매개변수를 격자크기에 따라 공간적으로 분포시켰다. 유출해석은 공간 분포된 강우의 적용을 용이하게 하기 위하여 준 분포형 접근방법인 Modified Clark 모형을 적용하였으며, 공간 평균된 강우는 Clark 모형을 적용하여 유출 모형을 수행하였다. 정규크리깅과 일반크리깅 기법에 의해 산정된 강우를 이용하여 격자크기에 따른 유출해석을 수행한 결과를 토대로 지점강우량을 공간분포 시킬 경우의 격자크기에 따른 유출 수문곡선의 변화를 파악하였다. 공간 분포된 강우와 공간 평균된 강우를 이용한 유출 모의 결과를 토대로 공간 분포 강우의 적용성을 평가하는데 있다.

핵심용어 : kriging, Modified Clark 모형, 유출해석

1. 서 론

물의 순환과정 중에서도 특히 강우-유출 현상에 관한 이해는 이미 오래 전부터 시작된 수문학 분야의 주요 연구과제로 계속 발전이 되고 있으며 수자원의 중요성에 대한 인식이 새로워질수록 이 현상을 보다 정확히 분석하고 예측하는 모형에 대한 연구의 필요성은 한층 증가되고 있다.

최근에는 특정지점에 대한 비교적 정확하면서 직접적인 관측치를 제공하는 지점강우 자료를 이용하여 새로운 지점에서의 데이터를 예측하는 모형으로 다양한 방법론이 제안되고 있다. 이중 크리깅 기법은 데이터의 공간적 상관성에 입각하여 관측되지 않은 지점에서의 예측값을 제공하며, 예측값의 불확실성을 정량화할 수 있는 장점으로 인해 여러 응용분야에서 활용되어지고 있다. 본 연구에서는 크리깅 기법을 이용하여 정확한 홍수예측 및 수자원 관리에 필요한 격자기반의 정량적 강우를 산정하기 위해 지점강우를 이용하여 격자크기별 공간 분포 강우로 산정하였으며, Modified Clark 모형(Kull과 Feldman, 1998)을 적용하여 공간 분포된 수문자료의 적용성을 높이는 데 있다.

2. 기본이론

2.1 Modified Clark(ModClark) 모형

* 정회원·충북대학교 토목공학과 교수·E-mail : hydrosys@chungbuk.ac.kr
** 정회원·충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정
*** 정회원·인하공업전문대학 항공지형정보시스템과 교수

ModClark 모형의 개념은 Clark의 개념적인 강우-유출 모형에서 사용하고 있는 기본원리를 기초로 하여 공간적으로 분포된 강우자료의 모의 기능을 추가한 것이다. ModClark 모형을 개념적으로 도식화하여 그림 1에 나타내었다. 그림 1과 같이 대상유역을 포함할 수 있는 격자 형태로 구분하며, 지점강우량을 크리깅 기법을 적용하여 각 격자점 마다 강우량을 공간적으로 분포시킨다. 공간적으로 분포된 강우량 및 격자로 구분된 유역자료를 이용하여 유출을 수행하게 된다. ModClark 모형과 Clark 모형의 차이점은 공간적으로 분포된 강우자료의 모의와 각 격자점마다의 도달시간을 계산함으로써 유역의 모든 영역으로부터 유역출구의 도달시간의 변동에 대해 정확하게 계산할 수 있다는 것이다.

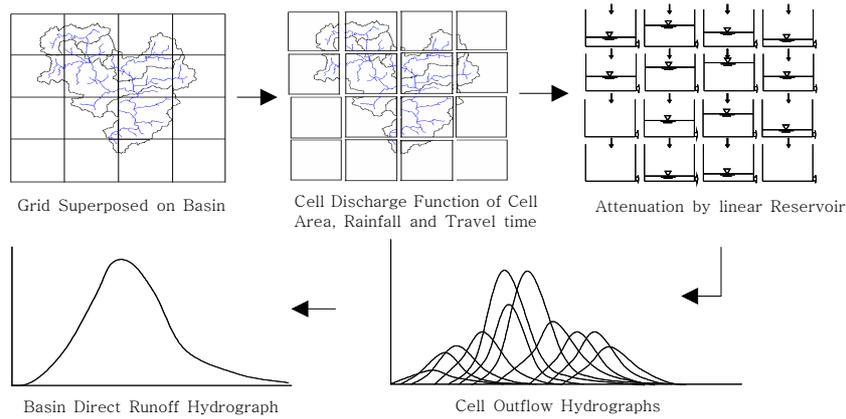


그림 1. ModClark 단위도법의 개념도

2.2 크리깅

지점강우를 공간적으로 분포시키기 위해 크리깅의 추정식이 편향되지 않으면서 오차분산을 최소로 하는 가중치를 구하여 미지의 값을 예측하는 크리깅(kriging) 방법을 적용하였다. 크리깅 방법중에서 크리깅 추정식이 편향되지 않으면서 오차분산을 최소로 하는 경우의 정규크리깅(ordinary kriging)과 공간적으로 변화하거나 특정한 경향을 갖는 평균을 제거하지 않고 크리깅 가중치를 계산할 때 이를 고려하여 자료 분포의 불변성을 가정하지 아니한 일반 크리깅(universal kriging)을 적용하였다.

3. 강우량 산정

3.1 대상유역 및 적용사상

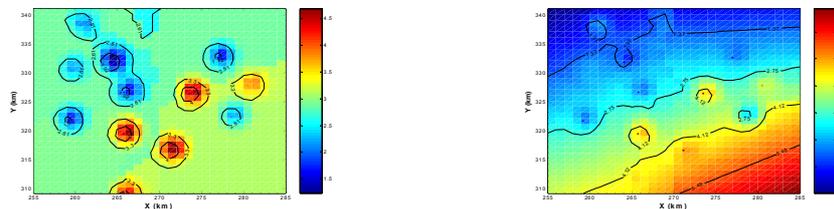
대상유역인 보청천 유역은 금강수계의 동부에 위치하고 있으며 유역면적은 476.5 km^2 , 하천연장 49 km 의 중소유역으로, 건설교통부에서 설치한 12개의 우량관측소와 5개의 수위관측소가 설치되어 있다. 적용된 강우사상은 표 1과 같다.

표 1. 적용사상의 개요

Event	Beginning date	Rainfall duration (hr)	Discharge duration (hr)	Maximum rainfall (mm/hr)
Event 1	1993.6.28 07:00	36	56	52.0
Event 2	1993.9.16 10:00	31	63	44.0
Event 3	1999.6.23 07:00	30	90	20.5
Event 4	2000.6.26 11:00	41	86	40.0
Event 5	2000.8.24 01:00	85	126	28.0

3.2 공간분포 강우량 산정

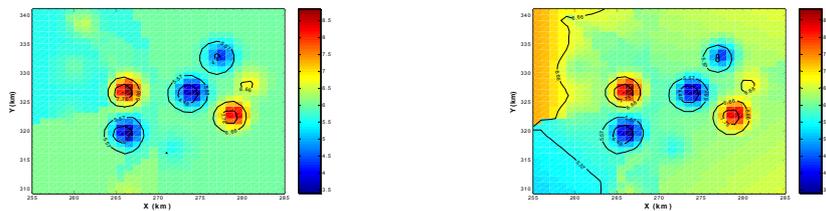
선정된 강우사상에 대한 각 시간대별 강우량을 이용하여 정규크리깅과 일반크리깅 기법을 적용하여 격자크기(10,000m, 5,000m, 2,000m, 1,000m, 500m)에 따른 공간강우량을 산정하였다. 공간분포된 강우의 정확도를 향상시키기 위해 강우사상의 매시간 주어진 분리거리 안에서 선택된 지점의 주변에 속한 점들의 거리를 이용하여 실험적(experimental) 베리오그램을 산정하였으며, 이론적(theoretical) 베리오그램 모형 중 구형모형을 선정하여 강우시간대별 매개변수(nugget effect, sill, range)를 산정하였다. 선정된 모의 기법 및 격자크기에 대해 교차검증 방법을 통해 적용기법의 타당성을 평가하였다. 그림 2와 그림 3은 격자크기별 정규크리깅과 일반크리깅기법을 통한 공간분포된 결과를 나타내고 있다.



(a) Ordinary kriging

(b) Universal kriging

그림 2. 크리깅기법 의해 공간 분포된 강우량 (1993.6.28 24:00)



(a) Ordinary kriging

(b) Universal kriging

그림 3. 크리깅기법 의해 공간 분포된 강우량 (1999.6.23 14:00)

3.3 공간평균 강우량 산정

유역내의 불균일한 강우특성을 보다 잘 반영할 수 있는 것으로 알려진 크리깅 기법을 이용하여 생성된 면적평균강우량과 Thiessen 다각형법에 의해 면적평균강우량을 산정하였다. 크리깅 기법으로 분포된 격자형태의 강우자료를 소유역 분할도를 이용하여 해당 소유역의 격자강우의 합을 소유역의 격자수로 나눔으로써 유역별 면적평균강우량을 산정하였다.

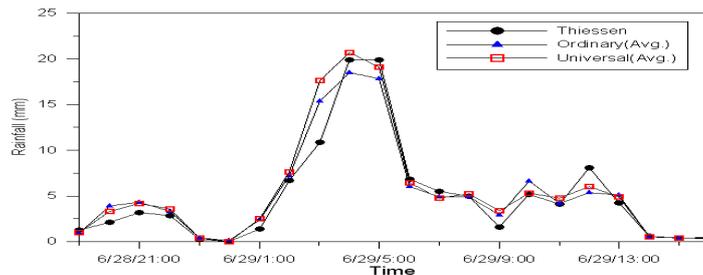


그림 4. 면적평균강우량 산정 결과(1993. 9.16사상-기대지점)

4. 유출해석

공간분포된 수문자료를 이용한 유출해석을 실시하기 위해 강우 입력자료는 정규크리깅과 일반 크리깅 기법에 의해 산정된 공간강우를 적용하여 ModClark 모형에 의한 유출모의를 실시하였으며, 공간 평균된 수문자료를 이용한 유출해석을 실시하기 위해 강우 입력자료는 정규크리깅과 일반크리깅 기법에 의해 산정된 격자강우를 이용하여 산정한 면적평균강우량과 Thiessen 다각형법에 의해 산정된 면적평균강우를 적용하여 Clark 단위도법을 이용하여 유출모의를 실시하였다.

HEC-GeoHMS 모형에 의해 산정된 유역의 격자자료인 격자면적, 각 격자로부터 유역출구까지의 이동거리, 격자의 좌표 및 유출곡선지수를 이용하여 HEC-HMS모형을 구성하였다. 유역의 하도홍수추적 방법에는 유입수문곡선과 하도의 물리적 특성을 기초로 수문곡선의 확산을 고려하는 Muskingum-Cunge방법을 사용하였다. 또한 기저유출로 분리하는 방법에는 지수함수적 감소방법을 채택하였다.

강우량 산정기법으로 강우량을 산정하여 유출 모형에 적용한 결과 정규크리깅 기법으로 산정된 강우를 이용한 유출모의 결과가 통계분석, 침투유량 도달시간, 수문곡선의 형상을 일반크리깅 기법으로 산정한 강우를 적용한 결과 및 공간평균 강우를 적용한 결과에 비해 정확성을 보여주고 있다. 이것은 강우의 공간분포 및 유효강우량의 공간적 변화특성을 잘 반영한 결과로 판단된다. 정규크리깅으로 공간분포된 강우를 이용한 유출모의를 통해 정도 높은 유출을 예측할 수 있을 것으로 기대된다.

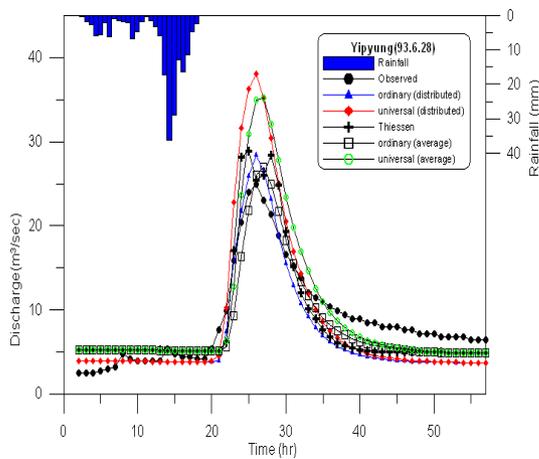


그림 5. 유출모의 결과 (이평지점)

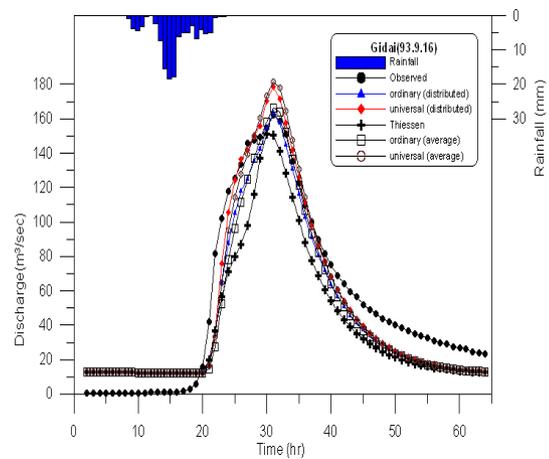
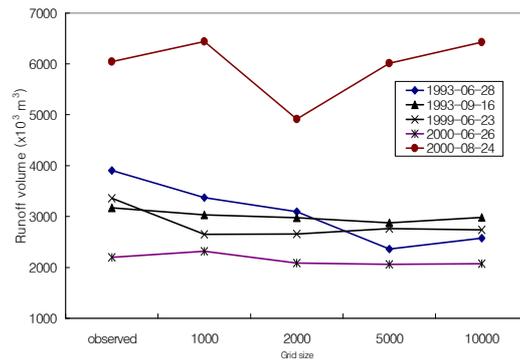
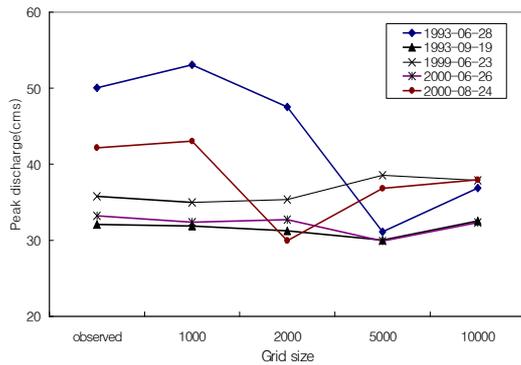


그림 6. 유출모의 결과(기대)

유역을 적정 격자크기로 분리하면 격자별 공간강우와 유효강우의 공간적 변화특성을 반영할 수 있다. 격자크기에 의한 유출수문곡선의 영향 분석은 정규크리깅 기법과 일반크리깅 기법을 통해 산정된 격자크기별 강우를 이용하여 ModClark 모형을 통해 유출해석을 실시하였다. 그림 7은 호우사상별 격자크기에 따른 침투유량 및 총유출량 모의 결과를 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 격자크기 1,000m에서 실측침투유량 및 총유출량에 근접함을 나타내었고, 격자크기가 커질수록 침투유량의 변화폭이 크게 나타났다. 특히, 탄부지점에서 침투유량 및 총유출량의 변화가 다른 지점에 비해 격자크기에 따른 변화폭이 크게 나타났다.



(a) 첨두유량

(b) 총유출량

그림 7. 격자크기에 따른 변화 (탄부지점)

5. 결론

대상유역의 적합한 크리깅 기법 및 매개변수들을 산정하기 위해 정규 크리깅과 일반 크리깅을 적용한 결과를 교차검증으로 모형의 타당성 및 적정 격자크기를 평가하였다. 대부분의 강우사상에서 격자크기 10,000 m에서 격자크기 1,000 m까지는 교차검증 통계값이 작아지는 경향을 나타냈으나 격자크기 500 m에서는 교차검증 통계값이 격자크기 1,000 m보다 큰 값을 나타내어 예측 정도가 낮아짐을 알 수 있다. 격자크기가 작아질수록 강우의 공간적 분포특성을 잘 표현 할 수는 있으나 계산시간의 증가와 실제 예측에의 정확도 저하를 유발 할 수 있으므로 대상유역의 지점강우를 크리깅 기법을 통해 공간분포시 격자크기 1,000 m에서 안정적인 결과를 도출 할 수 있을 것으로 판단된다. 대상유역의 강우량을 산정하여 유출 모형에 적용한 결과 정규크리깅 기법으로 산정된 강우를 이용한 유출모의 결과가 통계분석, 첨두유량 도달시간, 수문곡선의 형상을 일반크리깅 기법으로 산정한 공간분포된 강우를 적용한 결과 및 공간평균된 강우를 적용한 결과에 비해 정확성을 보여주고 있다. 이것은 강우의 공간분포 및 유효강우량의 공간적 변화특성을 잘 반영한 결과로 판단된다. 정규크리깅으로 공간분포된 강우를 이용한 유출모의를 통해 정도 높은 유출을 예측할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 윤용남, 김중훈, 유철상, 김상단 (2002). 공간분포된 강우를 사용한 유출 매개변수 추정 및 강우오차가 유출계산에 미치는 영향분석, 한국수자원학회논문집, 제35권, 제1호, pp. 1 ~ 12.
2. 한국수자원공사(1996). kriging 기법을 이용한 강우공간 분포에 관한 연구.
3. Hydrologic Engineering Center(2000). HEC-HMS : Hydrologic Modeling System, User's Manual. U.S. Army Corps of Engineers, Davis, CA.
4. Hydrologic Engineering Center(2003). HEC-GeoHMS : Geospatial Hydrologic Modeling Extension.
5. Kull, D. W., and Feldman, A. D(1998). Evolution of Clark's Unit Graph Method to Spatially Distributed Runoff, Journal of Hydrologic Engineers. ASCE, Vol. 3, No. 1, pp. 9 ~ 19.