

분포형 일유출모형 개발

GRId-based Soil MOsture Routing Model(GRISMORM)

김성준* · 채효석**

1. 서론

분포형 수문모형의 현 위상에 크게 기여한 논문들(Beven, 1987, 1989ab, 1993)과 분포형 모형의 적용을 도모했던 논문들(예, Bathurst, 1986; Bathurst and O'Connell, 1992)을 찾아볼 수 있다. 이들은 수문의 실제과정들을 공간적으로 묘사·구성하는 기본적인 문제를 제시한데 그 의의가 크다고 말할 수 있겠다.

우리나라에서도 1990년 이후부터 GIS에 대한 관심이 높아지면서 이를 수문분야에 적용해 보려는 시도가 있어왔다. 90년대 초반에는 GIS장비를 구비하는데 있어서의 경제적인 문제, 자료의 획득 또는 생성에 있어 어려움이 많았지만, 중반부터는 GIS를 이용한 수문모형의 적용 및 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 국내의 연구로는 김(1995), 김 등(1995)이 격자물수지 기법을 이용한 홍수유출모형을 개발한 바 있으며, 최(1996)는 지리정보시스템을 이용한 장기유출모형을 개발하였다. 기 개발된 GIS 수문모형의 적용연구로는 한국수자원공사(1997)가 미육군 공병단과 Brigham Young 대학이 개발한 WMS(Watershed Modelling System)을 이용하여 굴포천유역의 홍수유출해석을 시도한 바 있다.

본 연구는 격자 물수지 기법을 이용한 분포형 일유출모형을 개발하고, 래스터 GIS 소프트웨어인 GRASS(Geographic Resources Analysis Support System)를 이용하여 본 모형의 입력자료를 추출하는 모형의 전처리과정과 모형의 결과를 시간적·공간적으로 표현해 주는 후처리과정을 개발하고자 한다. 또한 개발된 모형을 대청댐 상류의 보청천 유역에 적용하여 보므로서 모형의 적용성을 검토하고자 한다.

2. 모형의 개발

가. 모형의 개요

본 연구에서 제시하는 분포형 일유출모형은 대상유역을 일정한 크기의 격자로 구성하고 개개의 격자마다 일별 물수지를 위한 수문정보를 입력하여 격자별 물수지를 계산하므로서 유역의 시간적·공간적 수문량을 파악하도록 하는 모형이다.

* 건국대학교 농공학과 조교수

** 한국수자원공사 수자원연구소 연구원

나. 모형의 이론

격자의 흐름방향은 강우에 의하여 유출이 발생되면 해당 격자로 유입되는 양과 그 격자로부터 유출되는 양을 결정하기 위하여 필요한데, 이는 각 격자의 고도값을 이용하여 해당구역의 전반적인 흐름방향도(flow direction map)를 생성할 수 있다. 흐름방향은 3×3 격자를 이용하여 주위의 격자 중에서 가장 낮은 고도값으로 흐르는 단방향 유출경로(single flowpath)를 채택하였다. 격자 물수지는 유역을 일정한 크기로 분할한 상태에서 각 격자의 유입·유출을 계산하므로써 일별로 유역 전체에 대한 물수지를 파악할 수 있게 된다. Figure 1은 일유출 계산시 본 연구에서 고려한 물수지인자를 도시한 것이다.

모형은 각 격자별 지표흐름, 지표하에서 불포화 토양층흐름과 포화토양층 흐름의 세가지 흐름에 대한 물수지를 모의한다. 격자마다 일단위의 토양수분의 변화를 계산하는데, 토양의 포화도에 따라 지표유출이 발생하고 지하수로의 흐름이 발생된다. 지표흐름의 유입인자는 강우, 유출인자는 지표유출이고, 지표하 불포화 토양층흐름의 유입인자는 강우에 의한 침투, 주변격자로부터의 횡유입, 유출인자는 증발산, 격자의 횡유출, 포화토양층으로의 침투이며, 포화토양층 흐름의 유입인자는 토양층으로부터의 유입, 주변격자로부터의 횡유입, 유출인자는 격자의 횡유출이다. 임의 하천지점에서의 유출은 이론적으로 유역내에서 발생된 격자별 지표유출의 합과 하천을 따라 주변격자에서 하천격자로 유입되는 지표하유출의 합으로 계산할 수 있다. 한편 본 모형은 일단위로 모의되므로 유역에서 발생된 지표유출이 계산 하천지점으로 도달하는 시간이 하루이내이어야 하며, 지표하 흐름방향은 지표흐름방향과 동일한 것으로 가정하였다.

3. 모형의 구성

본 분포형 모형의 구조적 흐름도는 Figure 2와 같다. 모형의 입력자료로는 유역의 수치고도모델, 흐름방향도, 하천도, 토양도, 토지이용도, 지하 자유수위분포도, 티센망도를 사용한다. 본 모형은 이들 자료를 격자기반(raster-based)의 GIS 소프트웨어(GRASS, IDRISI)를 이용하여 ASCII 형식의 파일로 불러들인다. 모형은 수행되면서 유역의 시간적·공간적 유출심, 토양수분 및 지하 자유수위 분포도 등을 주어진 시간간격으로 ASCII 파일형식의 도면으로 출력하며, 원하는 지점에서의 유출곡선을 텍스트파일로 출력한다. 이들 결과는 격자기반 GIS 소프트웨어의 형식으로 전환시켜 그래픽으로 표현이 가능하다.

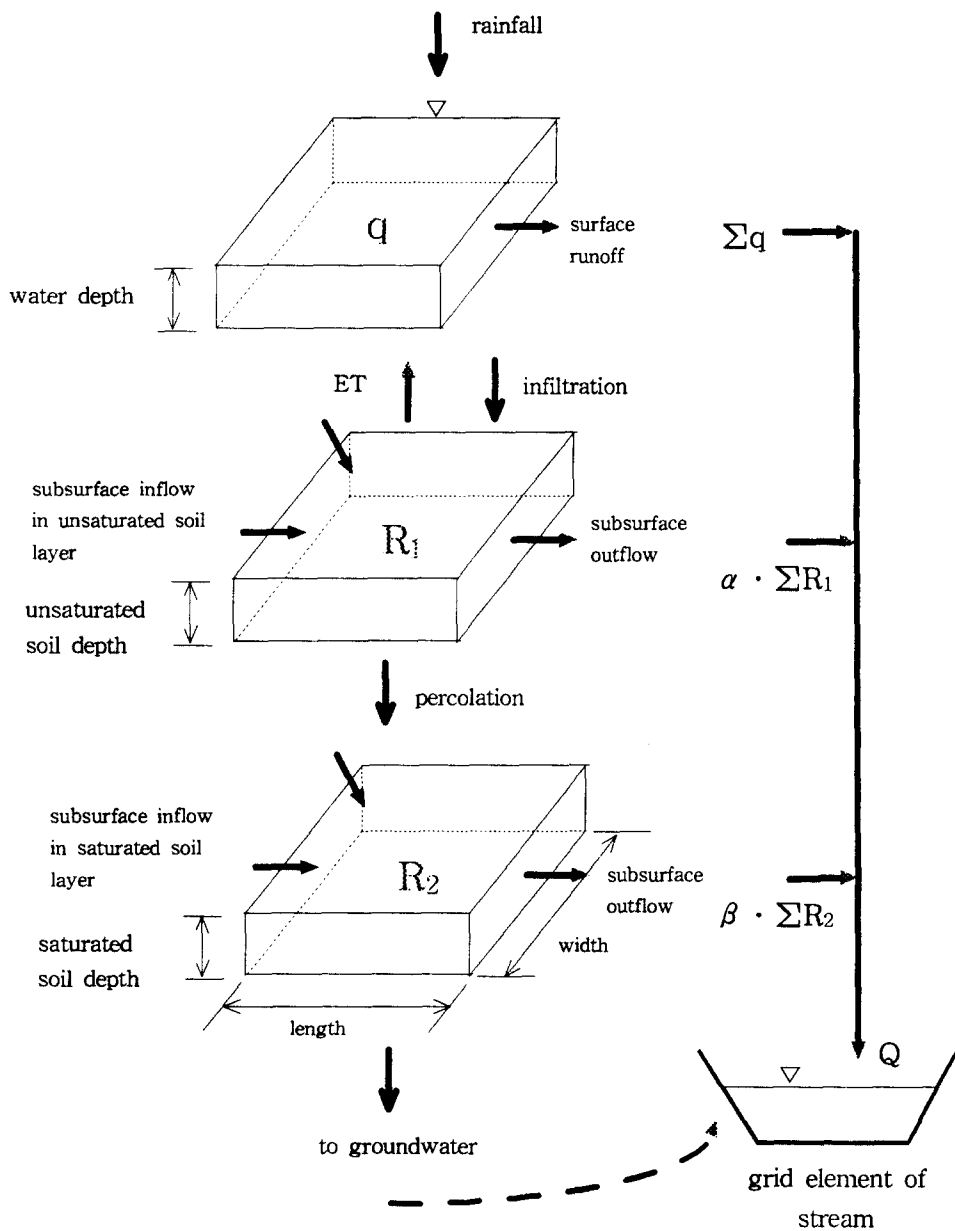


Figure 1. Grid-based water balance components

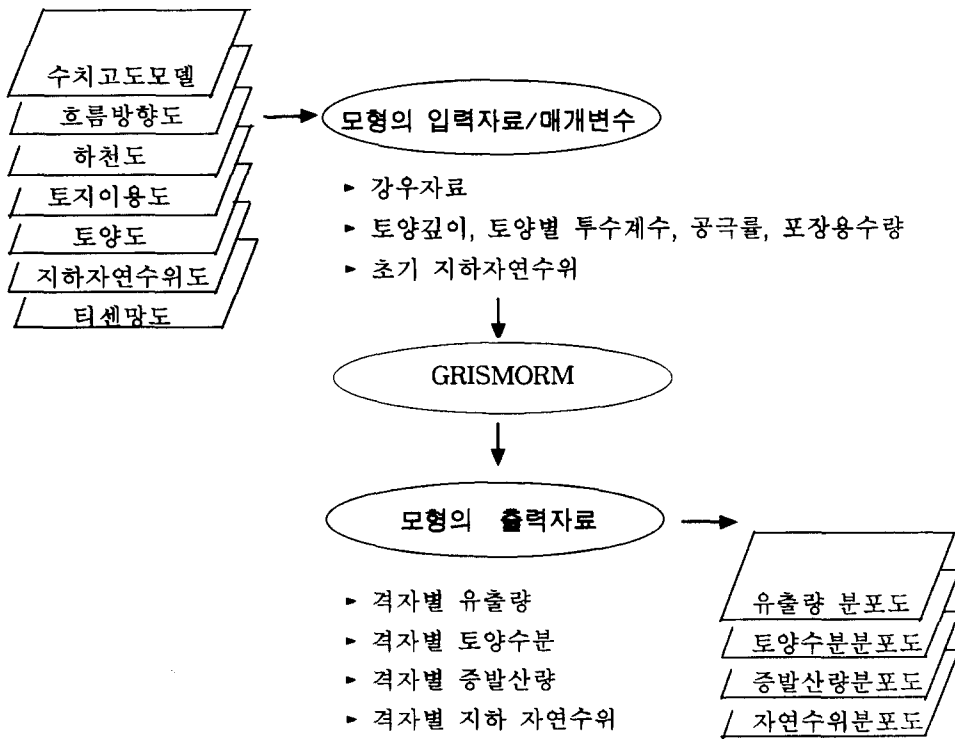


Figure 2. Schematic diagram of GRId-based Soil MOisture Routing Model(GRISMORM)

4. 입력자료의 준비

본 연구에서 사용한 도형 자료는 기본도로서 수치고도모델이며, 주제도로는 유역경계도, 토양도, 토지 이용도, 지하 자유수위도, 티센망도이다. 하천도와 흐름경로도는 GRASS의 r.watershed 명령어를 이용하여 수치고도모델에서 자동생성하였다.

5. 모형의 적용

모형의 적용성을 검토하기 위하여 보청천유역의 일부인 이평교유역(75.6 km²)을 대상으로 본 모형을 적용하였다. 수문자료는 '95~'96년도 IHP유역 연구보고서의 보청천유역 일수문 자료를 이용하였다. 기상자료는 보은관측소의 일기상자료를 사용하였고, 강우자료는 이평교 유역을 지배하는 이원, 동정, 삼산측후소의 자료를 이용하였으며, 유출량자료는 이평교지점에서 실측된 자료를 이용하였다.

가. 이평교지점에서의 일유출량 비교

'95년의 이평교유역 평균강수량은 843.6mm(이원 : 920mm, 동정 : 954.2mm, 삼산 : 735.8mm)였으며, IHP 보고서에 의한 이평교지점에서의 실측 총유출량은 2073.3mm로서 유출율이 245.8%로 계산되었다. 이는 실측자료에 대한 문제가 있음을 의미하지만, 수문곡선의 전반적인 형태 특히 감쇄구간에서의 기울기 등은 모형의 개발에 사용가능하다고 가정하였다. 이평교지점에서의 실측 일유출량과 모형에 의한 모의발생 일 유출량을 비교하면 Figure 3('95년) 및 Figure4('96)와 같다.

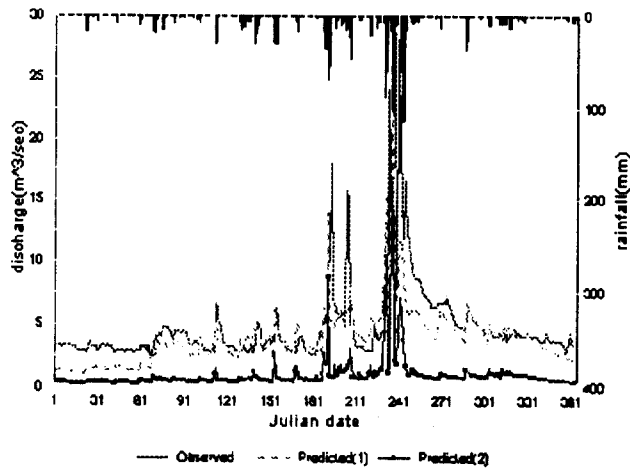


Figure 3. Predicted and observed streamflow for the GRISMORM('95)

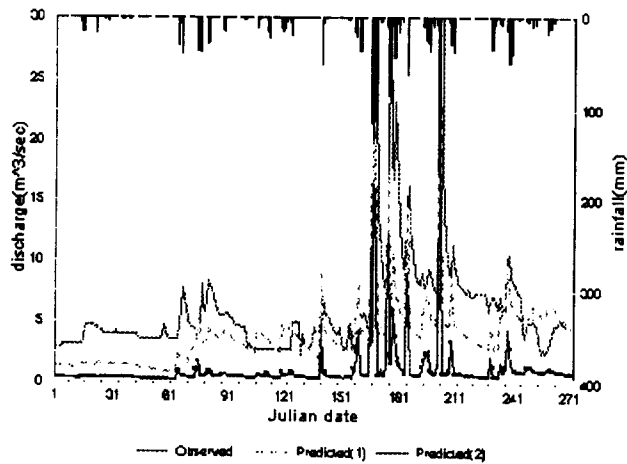


Figure 4. Predicted and observed streamflow for the GRISMORM('96)

나. 월유출 및 토양수분의 공간적 분포

분포형 모형은 임의 하천지점에서의 수문량을 모의하며, 또한 유역에서 발생하는 각종 수문현상에 대한 정보들을 그래픽으로 표현하여 제공할 수 있다. Figure 5는 '95년 8월과 9월의 월 유출분포를 나타낸 것이며, Figure 6은 월 토양수분의 변화를 나타낸 것이다.

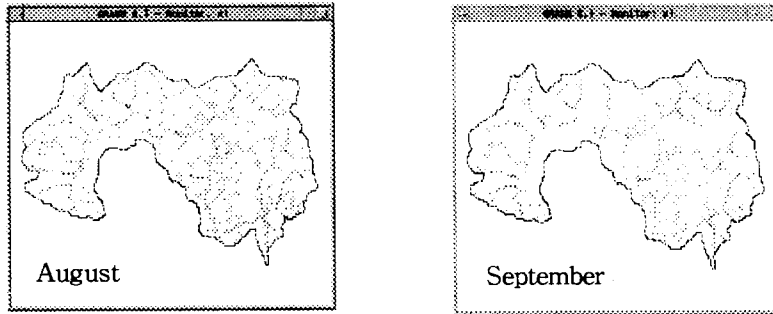


Figure 5. Surface runoff generating areas predicted by GRISMORM(1995)

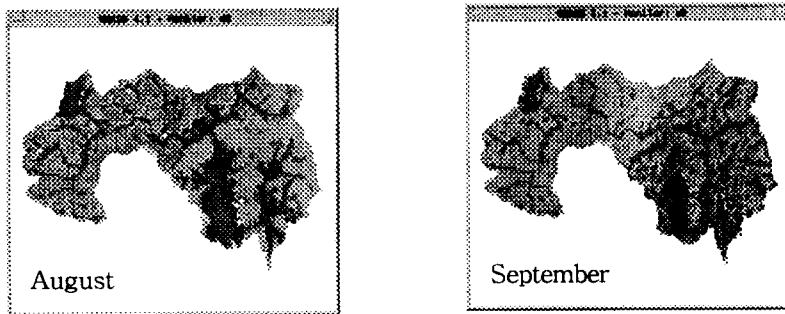


Figure 14. Soil moisture content predicted by GRISMORM(1995)

6. 요약 및 결론

격자 물수지 기법을 이용한 분포형 일유출모형을 개발하였다. 본 모형은 C-언어로 구성하였다. 전처리과정으로서 래스터 GIS 소프트웨어인 GRASS를 이용하여 모형에 필요한 자료(수치고도모델, 하천도, 흐름방향도, 토양도, 토지이용도, 티센망도)를 준비하고, 모형은 이들을 ASCII 형태로 받아들여 일별 수행결과(유역출구에서의 유출량, 지표유출 분포도, 토양수분 분포도)들을 ASCII 형태의 화일로 자동발생시킨 후, 후처리과정으로서 이들 결과를 GRASS상에서 도시하여 주는 형태로 구성하였다.

모형의 개발을 위하여 보청천유역의 일부인 이평교 유역(75.6 km²)을 대상으로 '95년 및 '96년도의 IHP유역 연구보고서 자료를 이용하였다. 실측 일유출자료의 전반적인 형태 특히 감쇄구간에서의 기울기 등을 모형 개발에 사용하였으며, 간단한 선형저수지 개념을 도입하여 유역출구에서의 일유출량을 모의할 수 있도록 개발하였다. 개발과정에서 일단위·월단위의 지표유출 분포도와 토양수분 분포도를 출력하여 유역전반에서 발생하는 유출기여지역과 토양수분의 변화양상을 공간적으로 확인할 수 있었다.

참고문헌

- 한국수자원학회(1995). "국제수문개발계획(IHP) 연구보고서." 건설교통부
- 한국수자원학회(1996). "국제수문개발계획(IHP) 연구보고서." 건설교통부
- 최진용(1996). "지리정보시스템을 이용한 장기유출모형에 관한 연구.", 서울대학교 박사학위 논문.
- Frankenberger, J.R.(1996). "Identification of critical runoff generating areas using a variable source area model." PhD Thesis, Cornell University, Ithaca, NY.
- Kim, Seong J.(1997). "Grid-based variable source area storm runoff model." J. of Hydrology, submitted.
- Singh, V.P.(1996). "Computer Models of Watershed Hydrology." WRP, Colorado.
- U.S. Army CERL(1993). "GRASS 4.1 Users Manual." Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, IL.