

Landsat TM 자료를 이용한 토지피복분류와 유효우량도의 작성

Land Cover Classification and Effective Rainfall Mapping using Landsat TM Data

신 사 철* / 권 기 량** / 김 성 준***
Shin, Sha Chul / Kwon, Gi Ryang / Kim, Seong Joon

Abstract

Accurate and real time forecasting of runoff has a high priority in the drainage basins prone to short, high intensity rainfall events causing flash floods. To take into account the resolution of hydrological variables within a drainage basin, use of distributed system models is preferred. The Landsat Thematic Mapper(TM) observations enable detailed information on distribution of land cover and other related factors within a drainage basin and permit the use of distributed system models. This paper describes monitoring technique of rainfall excess by SCS curve number method. The time series maps of rainfall excess were generated for all the storm events to show the spatiotemporal distribution of rainfall excess within study basin. A combination of the time series maps of rainfall excess with a flow routing technique would simulate the flow hydrograph at the drainage basin outlet.

keywords : rainfall excess, Landsat-TM, SCS CN, distributed model

요 지

유출에 대한 신속하고 정확한 예측은 수문 및 수자원 분야에 있어서 궁극적인 목표 중의 하나이며, 우리 나라와 같이 강우에 대한 유출의 응답이 짧은 시간에 발생하는 경우에 무엇보다도 중요하다. 따라서, 토지이용변화 등에 의한 유출의 변화 및 감시를 포함하는 유역내의 수문 변수의 변화를 적절하게 고려할 수 있는 분포형 자료를 선호하게 된다. 이때 분포형 모형을 적용시키기 위해서는 강우의 공간특성을 알아야 하며, 각 격자별 강우량이 입력자료로 활용되어 각 격자별 유출특성을 파악하게 된다. Landsat TM 자료를 이용할 경우 분포형 모형을 위한 유역내에 관련된 인자 및 식생, 토지피복 등의 자세한 정보를 제공할 수 있다. 본 연구에서는 SCS의 유출곡선변호(CN)에 의한 방법을 이용하여 유효우량도를 작성하여 신속하게 유출의 감시가 가능하도록 하는 기법에 대하여 검

* 안동대학교 토목환경공학과 조교수
Assistant Prof., Dept. of Civil & Environ. Eng., Andong Nat'l University, Kyongbuk 760-749, Korea.
(E-mail : scshin@andong.ac.kr)

** 한국수자원공사 수자원연구소 위촉연구원
Research Assistant, Water Resources Research Institute, KOWACO, Daejeon, 305-390, Korea.

*** 건국대학교 지역건설환경공학과 조교수
Assistant Professor, Dept. of Rural Eng., Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

도하였다. 호우시에 있어서 유효우량에 대한 시계열 자료는 본 기법을 통하여 분포형태로서 계산할 수 있으며, 이 결과는 분포형 유출모형을 이용하여 유역 출구에서의 수문곡선을 산정할 수 있다.

핵심용어 : 유효우량, Landsat-TM, SCS CN, 분포형모형

1. 서 론

정확한 강우지역과 강우량의 산출은 모든 수문해석을 위한 가장 기본적인 과정이며, 이의 공간적 특성의 파악은 수문 순환과정에서 대단히 중요하다. 강우 및 유효강우의 공간적 특성을 파악한다는 것은 유역내의 토지이용변화 등에 의한 유출의 변화 및 감시를 위하여 각 격자별 강우량이 입력자료로 활용되어 각 격자별 유출특성을 파악하게 되는 분포형 모형이 중요한 역할을 하게 된다.

비교적 넓은 지역을 대상으로 한 강우량의 공간적 분포를 추정하기 위한 접근은 기상학적 측면에서 접근되고 있으나, 아직 현실적으로 수자원분야에서 이용될 수 있는 결과는 얻어지고 있지 않다. 특히, 홍수에 관계하는 강우부분은 침투 및 손실에 의한 부분이 제외된 유효강우(초과강우)로 인한 결과로 나타나므로 강우분포와 함께 유효강우분포를 신속하게 제공할 수 있다면, 홍수의 감시가 신속하게 이루어질 수 있다. 유역의 강우는 시간과 공간적으로 변화하므로 강우량의 공간분포를 정확히 산정한다는 것은 매우 어려우나, 신뢰성 있는 강우자료의 확보 및 결측자료의 보완, 호우특성에 따른 강우의 공간적 변화특성을 이해한다는 것은 대단

히 중요하다.

최근, 인공위성 자료는 비교적 쉽게 취득할 수 있으며, 공간자료의 형태로 제공된다는 측면에서 수문학적 적용에 유용하게 이용될 수 있다. Landsat TM 자료를 이용할 경우 분포형 모형을 위한 유역 내에 관련된 인자 및 식생, 토지피복 등의 자세한 정보를 제공할 수 있다. 본 연구는 인공위성 자료를 이용한 수문학적 응용을 목표로 대상유역인 안성천 유역을 대상으로 유효우량을 분포적으로 제공하기 위한 기법을 검토하였다.

본 연구의 궁극적 목적은 유효강우량을 공간자료 형태로 제공하고자 하는 것이다. 이를 위하여 우리에게 친숙한 SCS의 유출곡선번호에 의한 유효강우량을 산정하고 있으며, 최종적으로 얻어진 유출곡선번호를 이용하여 유출량을 산정하여 유효우량도의 적합성을 검토한다. 유출모의를 위하여 SCS의 유출곡선번호를 이용한 사례는 대단히 많으며, 이는 보다 정확한 유출곡선번호를 추정하기 위한 것(윤태훈, 1991 ; 임상준과 박승우, 1997)과 GIS와 연계한 미계측지역의 유출모의를 위한 연구(조홍제와 김정식, 1997 ; 김정탁 등, 1999)로 볼 수 있다. 이들은 주로 유출모의를 목적으로 SCS의 유출곡선번호가 이용되었으며, 그 중 조홍제와 김정식(1997)은 유효강우량 산정을 위하여 유역사면 경사를

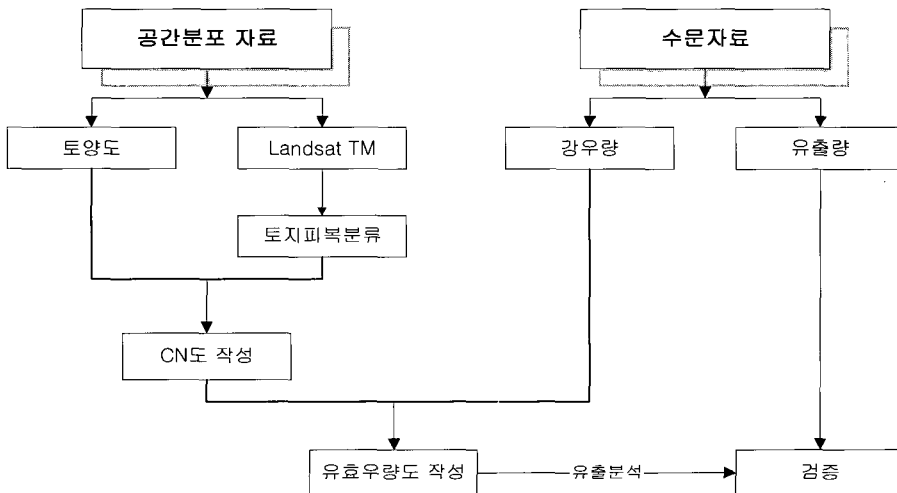


그림 1. 유효우량도 작성을 위한 흐름도

Landsat TM 자료 중 2000년 5월 7일 자료를 이용하였으며, 안성천 유역을 질취하여 ERDAS 소프트웨어를 사용하여 토지피복분류를 실시하였다.

위성의 궤도는 원형의 극궤도를 이루지만 위성이 움직이는 동안 지구가 자전하기 때문에 실제궤도는 약간 경사지게 되며, 이로 인하여 관측된 위성자료는 실제 지형위치에 대해 왜곡된다. 따라서 GCP(Ground Control Point)를 이용하여 정밀 기하보정을 실시한 후 분석하여야 한다. 이 과정에서 지상기준점 GCP는 실제 지형도상의 좌표를 입력하게 되며, 지표면상에서 식별이 가능한 도로의 교차점, 비행장이나 수면과 지표면의 경계부분 등이 이용된다.

기하보정은 영상내의 좌표값과 실제 좌표값을 일치시키기 위한 과정으로, 최근 원격탐사 자료가 여러 종류의 공간 및 속성자료와 함께 지리정보시스템(GIS)에서 많이 이용되고 있어 특히 중요한 처리과정이다. 이 과정에서 지상기준점을 통하여 보정된 영상에서의 좌표값과 보정 후 계산되는 좌표값 사이의 관계식을 만들어 영상내의 좌표를 변환시키게 된다. 관계식은 일반적으로 다음과 같은 다항식이 이용된다.

$$\begin{aligned}
 x &= a_0 + a_1X + a_2Y + a_3XY + a_4X^2 + a_5Y^2 + \\
 &\dots + a_kX^m Y^m \\
 y &= b_0 + b_1X + b_2Y + b_3XY + b_4X^2 + b_5Y^2 + \\
 &\dots + b_kX^m Y^m
 \end{aligned}$$

위 식에서 (x,y)는 기하보정전의 영상좌표이며, (X,Y)는 기하보정 후의 좌표 값이다. 이 다항식에서 각 계수들이 최소자승법 등과 같은 수학적 방법에 의해 구해지며, 변환식이 결정되면 내삽에 의해 영상이 재배열(resampling)된다. 실제 선정된 GCP에 대하여 1차변환식인 Affine 변환식 및 2차이상의 고차 다항식을 이용하였을 때 평균제곱오차(RMS오차)는 변환식의 차수가 높을수록 감소하여 정밀변환을 할 수 있다. 그러나, 고차다항식을 이용할 경우 그 만큼 더 많은 GCP가 요구되므로 본 연구에서는 현재 이용할 수 있는 GCP를 고려하여 2차 다항식을 이용하여 위성 영상의 RMS오차를 0.5화소(15m) 이내로 조정하였다.

이와같이 GCP 좌표들을 기준으로 변환식이 구성되면 그 변환식을 기준으로 원격탐사 영상자료를 재배열 시킴으로서 최초로 구득된 원격탐사자료는 기하보정 및 좌표일치가 될 수 있다. 본 연구에서는 여러 가지 재배열 방법 중 최근된 내삽법을 이용하여 30m의 해상도를

갖도록 재배열하였다.

3.1.2 피복분류

토지피복분류(Land Cover Classification)는 원격탐사자료의 가장 대표적이고 전형적인 응용방법의 하나로 숲, 초지, 콘크리트 포장과 같은 대지 표면의 물리적 상황을 분류한 것이며, 토지이용(Land Use)은 공업지역, 주거지역, 농경지 등과 같은 토지이용현황 및 계획 상태를 반영하는 것으로 개념상 차이가 있다.

인공위성을 이용한 원격탐사 자료는 항공사진에 비하여 광역적이고 주기적인 자료획득이 가능하며, 수치형태로 취득할 수 있다는 장점으로 그 활용성은 대단히 크다. 우리 나라에서도 그 동안 도시지역의 토지피복분류, 산림자원 관리, 환경자원 관리 등을 중심으로 연구(최승필 외 3인, 1993 ; 박성욱, 1996)가 진행되었으며, 수자원분야에서의 효용성도 입증되고 있다.

토지피복 분류의 등급에 대해서는 미국 지질조사국(USGS)의 경우 토지피복(이용)의 체계를 IV등급으로 분류하고 있으며, 이들은 인공위성 영상과 항공사진을 분석하여 구축하고 있다. 우리 나라에서는 환경부(1999)가 장기적인 관점에서 인공위성에 의한 토지피복분류(안)를 제시한 바 있다. 한편, 한국수자원공사(2000)에서는 현재의 기술현황과 수자원분야에서의 실질적인 활용성을 고려하여 표 1과 같은 토지이용 분류 체계를 제안하였으며, 본 연구에서도 이 분류체계를 따르는 것으로 하였다.

인공위성 영상에 의한 토지피복도 등급 I수준은 Landsat TM을 기준으로 작성하도록 하며, 등급 II수준은 현재 구축중인 토지이용현황도를 조합하여 재분류하거나, 보다 높은 해상도를 갖는 인공위성 자료를 병행하여 작성할 수 있다. 본 연구에서는 안성천 유역에 대하여 Landsat TM 자료를 이용하여 토지피복분류가 수행되며, 이에 따라 표 1의 등급 I수준인 9단계 분류를 수행하였다.

토지피복분류는 일반적으로 사전정보(ground truth data)를 이용하는 감독분류(supervised classification)를 적용하며, 이것은 사용자가 각 분류항목의 특성을 지정하는 훈련단계와 이를 이용한 분석단계로 이루어진다(Jenson, 1995 ; Lillesand와 Kiefer, 1994).

감독분류는 각 군집의 유사성을 결정하는 기준에 따라 최단거리법(minimum distance classifier), 평행육면체법(parallelepiped classifier), 최대우도법(maximum likelihood classifier) 등이 적용된다. 본 연구

표 1. 토지피복분류체계

등급 I	등급 II
1. 시가화	11. 도시지역(상업/공업) 12. 주거지역
2. 논	21. 논 22. 하우스재배논
3. 밭	31. 밭 32. 과수원
4. 산림	41. 침엽수 42. 활엽수
5. 초지	51. 자연초지 52. 골프장 53. 도심녹지
6. 수역	61. 하천 62. 저수지 63. 호수 64. 바다
7. 습지	71. 내륙늪지 72. 연안늪지 73. 염전
8. 나지	81. 나지 82. 채석장 83. 모래지역
9. 기타	91. 도로 등

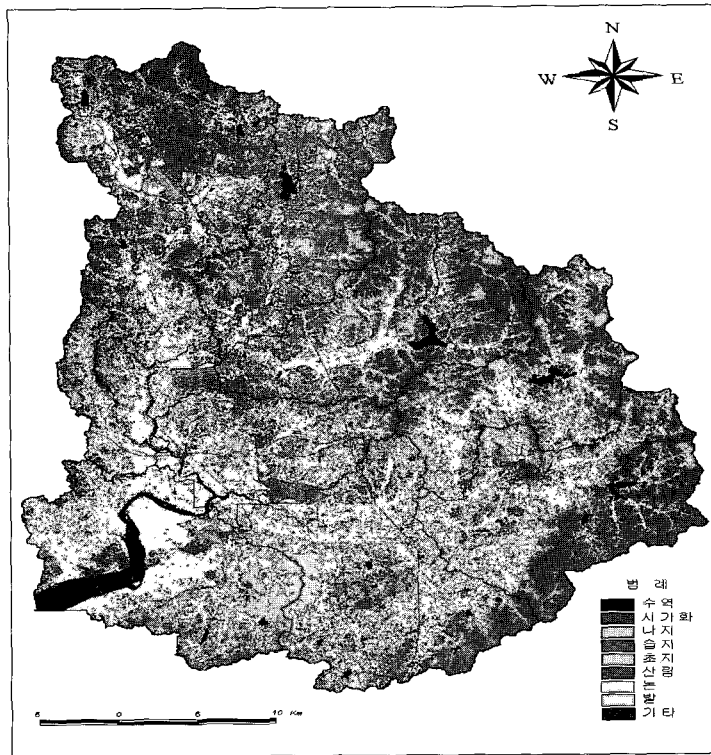


그림 3. 안성천 지역의 토지피복분류도(2000.5.7)

에서는 가장 정확한 결과를 보이는 것으로 보고되고 있는 최대우도법을 이용하였다. 그림 3은 2000년 5월 7일 영상을 이용하여 안성천 유역의 토지피복 분류를 실시한 결과를 나타낸 것이다.

3.1.3 분류결과와 정확도 검증

위성영상 자료의 분류결과를 객관적이고 정확하게 평가하고자 하는 가장 일반적인 방법 중의 하나는 오차행렬(error matrix, 혹은 confusion matrix, 혹은 contingency matrix)을 이용하는 것이다. 또한, Congalton 외 3인(1983)은 동일지역에 대해 관독자나 관독변수들 사이의 유사성을 Kappa 계수와 이를 표준화한 Z통계량을 이용하여 평가하였다. Story와 Congalton (1986)은 오차행렬 분석에서 주대각 성분만을 이용하여 전체정확도(overall accuracy)와 사용자 및 제작자(user's / producer's accuracy) 정확도를 평가하였다.

분류결과와 완벽한 정확도 검증은 모든 화소에 대한

분류항목의 검증이 필요하나, 이는 명백히 불가능하고 실제로 영상분류의 목적에도 어긋난다. 따라서, 본 연구에서는 훈련지역의 자료를 이용하여 오차행렬을 작성하여 정확도 분석을 실시하였다. 훈련지역 자료 전체화소의 수에 대한 바르게 분류된 화소의 총수의 비율로 전체정확도를 계산할 수 있으며, 특정 분류항목의 사용자 및 제작자 정확도를 평가할 수 있다.

$$\text{전체정확도} = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N}$$

$$\text{사용자 정확도} = \frac{X_{ii}}{X_{i+}}$$

$$\text{제작자 정확도} = \frac{X_{ii}}{X_{+i}}$$

여기서, r은 오차행렬의 행과 열의 수, X_{ii} 는 바르게 분류된 화소의 수, X_{i+} 는 오차행렬에서 i 번째 행의

표 2. 분류결과와 오차행렬에 의한 정확도 검증

CLASSIFICATION ACCURACY ASSESSMENT REPORT										
분류항목	수역	시가화	나지	습지	초지	산림	논	밭	기타	합 계
수역	2,363	0	0	0	0	0	2	0	0	2,365
시가화	0	667	0	0	0	0	5	0	29	701
나지	0	0	90	0	0	0	0	0	0	90
습지	0	0	0	9	0	0	0	0	0	9
초지	0	0	0	0	504	1	3	41	0	549
산림	0	0	0	0	12	4,382	0	24	0	4,418
논	0	12	2	0	3	0	2,704	7	3	2,731
밭	0	0	0	0	15	1	2	100	0	118
기타	0	1	0	0	0	0	0	0	10	11
합 계	2,363	680	92	9	534	4,384	2,716	172	42	10,992
ACCURACY TOTALS										
분류항목	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct			Producer's Accuracy(%)		User's Accuracy(%)		
수역	2,363	2,365	2,363			100.00		99.92		
시가화	680	701	667			98.09		95.15		
나지	92	90	90			97.83		100.00		
습지	9	9	9			100.00		100.00		
초지	534	549	504			94.38		91.80		
산림	4,384	4,418	4,382			99.95		99.19		
논	2,726	2,731	2,704			99.56		99.01		
밭	172	118	100			58.14		84.75		
기타	42	11	10			23.81		90.91		
합계	10,992	10,992	10,829							
Overall Classification Accuracy = 98.52%										

화소 수, X_i 는 오차행렬에서 i 번째 열의 화소 수이며, N 은 총 화소수이다.

표 3. Kappa 계수에 의한 검증

KAPPA STATISTICS	
Overall Kappa Statistics = 0.9796	
분류항목	Kappa
수역	0.9989
시가화	0.9483
나지	1.0000
습지	1.0000
초지	0.9138
산림	0.9864
논	0.9869
밭	0.8450
기타	0.9087

표 2에 본 연구에서 분류된 결과에 대한 오차행렬을 이용한 정확도 분석의 결과를 제시하였다. 또한 Kappa 계수는 바르게 분류된 화소에서 우연히 바르게 분류될 수 있는 화소를 제거한, 순수하게 바르게 분류된 화소만을 고려하여 정확도를 평가하고자 하려는 의도에서 도입된 통계량으로 표 3에 그 결과치를 나타내었다. 전체적으로 약 98%의 높은 정확도를 보이고 있음을 알 수 있다. 그러나, 정확도 추정을 위한 훈련지역 자료의 이용은 상당히 낙관적인 정확도 수치를 제공할 수 있다는 점을 간과해서는 안 된다.

따라서, 본 연구에서는 행정구역별로 지적통계를 바탕으로 상호 비교를 동시에 실시하였다. 안성천 유역의 경우 그림 2와 같이 8개시로 구성되어 있으나, 유역 내에 행정구역이 비교적 많이 포함되는 오산시, 수원시, 안성시 및 평택시에 대하여 비교를 실시하였다.

또한, 통계연보 자료는 지목별 현황으로 토지피복을 대상으로 한 본 연구의 분류체계와 다르므로 적절한 항목끼리 묶을 필요가 있다. 본 연구에서는 지적통계 상 대지와 도로를 합쳐 토지피복의 시가화지역으로 하였으며, 지적통계 상의 임야와 본 연구의 토지피복의 산림과 초지를 합하여 상호 비교하였다. 표 4에 행정구역별 산정된 결과를 나타내었으며, 전체적으로 약 10%미만의 오차로 분류되었음을 알 수 있다.

3.2 토양도

유출과정을 규명함에 있어서 토양도는 토지피복도와 함께 중요한 주제도 중의 하나이다. 토양도는 농촌진흥청 토양물리과에서 제작한 개략토양도(1:50,000)를 이용하여 구축하였다. 이들 자료는 모두 Arc/Info 백터 커버리지로 구축되어 있으므로 수자원분야에서 활용하기 위해서는 토양종류, 배수정도 등의 속성을 추가로 입력하여야 한다. 한편, 정밀토양도는 원래 산림지역에 대한 토양분류가 제외되어 이 토양도 만으로는 전체 지역에 대한 토양분포를 파악할 수 없다. 따라서, 정밀토양도보다는 정확도는 저하하지만 수자원분야의 사용목적과 규모에 따라 개략토양도를 활용하기로 한다.

개략토양도는 58가지의 토양군으로 분류되어 있으므로 토양명칭별 특성을 고려하여 Type A,B,C,D형으로 구분되는 SCS의 수문학적 토양군으로 재분류하였다. Arc/Info에서 토양부호별로 입력된 자료를 토양종류, 토양배수 등의 속성을 입력하고, 토양배수 속성을 이용하여 수문학적 토양군으로 재분류하게 된다. 그림 4는 안성천 유역의 토양도를 SCS 토양군으로 재분류한 결과를 도시한 것이다.

표 4. 행정구역에 대한 분류 결과의 비교(km²)

통 계	행정구역	수원시	평택시	오산시	안성시
	시가화	본과업	12.57	49.67	7.39
지적통계		11.32	47.75	7.33	34.02
산 립	본과업	16.81	109.51	18.80	252.90
	지적통계	18.64	105.39	14.65	294.03
논	본과업	4.02	202.32	9.77	110.99
	지적통계	3.17	177.27	11.06	122.96
밭	본과업	1.97	46.17	3.43	54.84
	지적통계	2.39	48.90	6.51	58.39

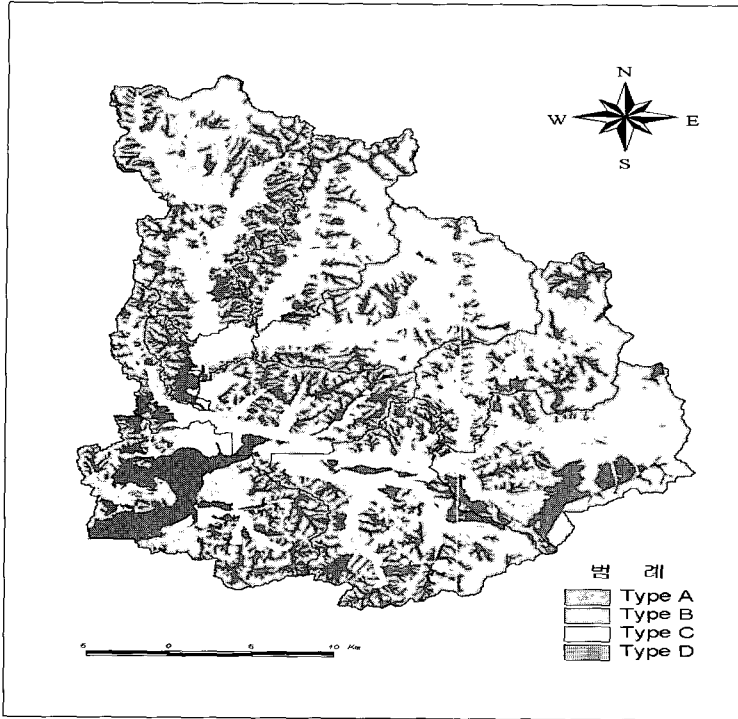


그림 4. 안성천 유역의 수문학적 토양군

4. 강우량 및 유효강우량 분포도 작성

4.1 강우량 분포

안성천 유역에는 건설교통부 관할의 11개 우량관측소(평택, 성환, 성거, 서운, 양성, 원삼, 송산, 회화, 이동, 기흥, 수원)가 위치하고 있다. 분석에 이용한 강우량 자료는 각 강우관측소에서 1999년과 2000년도 관측된 4개의 호우사상을 이용하였다. 분석에 이용된 방법은 산술평균법과 Thiessen법을 비롯하여, 역거리가중법(RDS), Spline, Trend 및 Kriging에 의하여 유역평균 강우량을 산정하였다. 표 5는 각 방법에 의해 구한 4개의 호우사상에 대한 유역평균 강우량을 나타낸 것이다. 유역평균 강우량은 각 방법에 의한 결과에서 그다지 큰 차이를 보이고 있지 않으므로 본 연구에서는 결

측치 보완방법으로 널리 사용되고 있는 역거리 가중법을 이용하여 강우의 공간분포를 추정하기로 하였다. 그림 5는 2000년 7월 19일 00:00~22일 18:00까지의 누가우량을 역거리가중법에 의하여 분포시킨 결과이며, 그림 6은 2000년 7월 19일 00:00~23일 02:00까지의 누가우량을 같은 방법으로 분포시킨 것이다.

4.2 유효우량도의 작성

총강우로부터 침투 및 손실에 의한 부분이 제외된 유효강우를 산정하기 위하여 강우의 손실계산을 위하여 일반적으로 사용하고 있는 SCS의 방법을 이용하였다. SCS 방법에서는 총우량과 직접유출에 기여하는 유효우량과의 관계를 다음과 같은 관계식으로 제안하고 있다.

표 5. 각 방법에 따른 평균강우량의 비교(mm)

	산술평균	Thiessen	RDS	Spline	Trend	Kriging
1999.07.31 ~ 08.06	255.23	256.48	255.68	260.50	262.28	259.43
1999.09.19 ~ 09.26	348.15	339.98	343.52	338.23	344.96	340.88
2000.07.19 ~ 07.26	259.08	245.87	252.15	241.98	245.29	247.23
2000.08.24 ~ 08.31	271.00	272.33	271.71	271.46	270.13	270.98

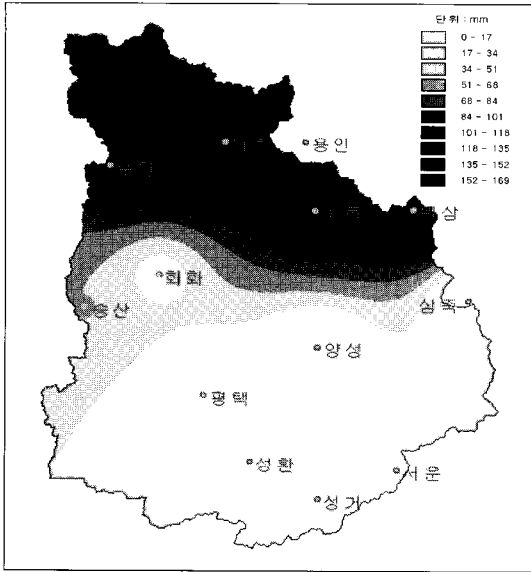


그림 5. 강우 공간분포
(2000년 7월 19일 00:00~22일 18:00)

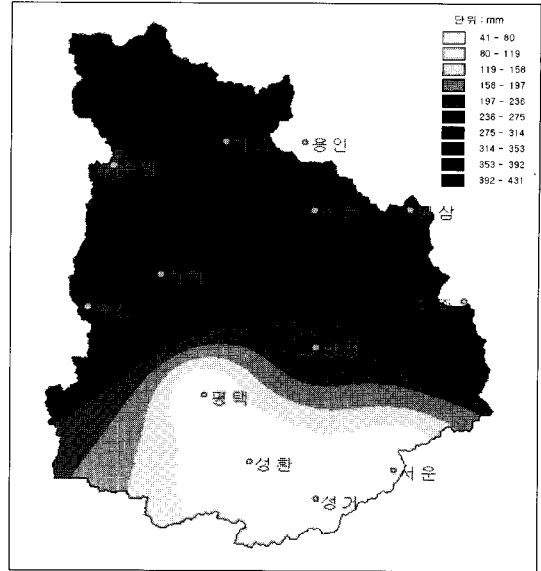


그림 6. 강우 공간분포
(2000년 7월 19일 00:00~23일 02:00)

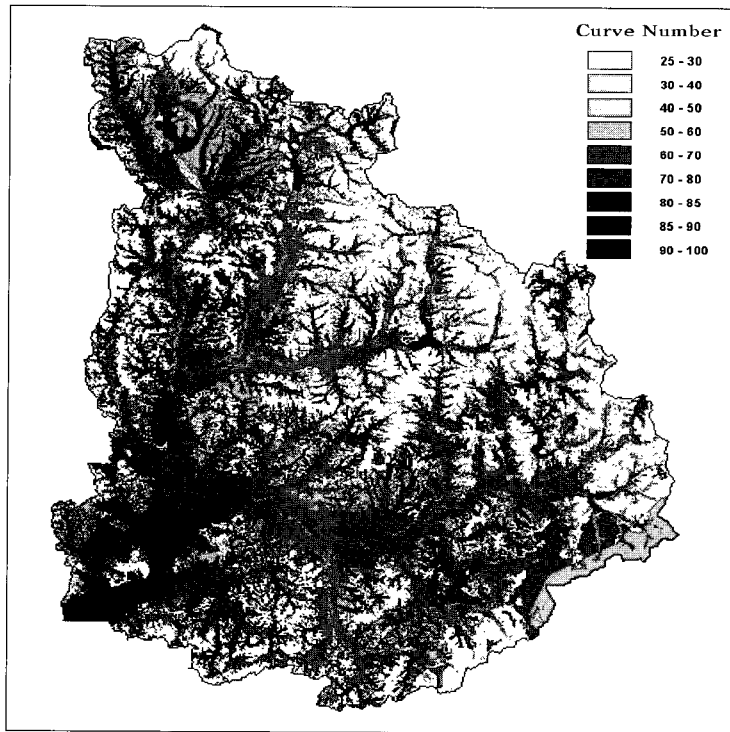


그림 7. 안성천 지역의 유출곡선번호(CN) - AMC II조건 -

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

여기서, P 는 호우별 총 강우량(mm), I_a 는 강우의 초기손실(mm), S 는 유역의 최대 잠재보유수량이며 Q 는 유효강우(직접유출량, mm)이다.

한편, 초기손실 $I_a = 0.2S$ 라 하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

SCS에서는 직접유출능력을 표시하는 유출곡선번호(CN)와 유역의 최대잠재보유수량 S 와 다음의 관계를 제안하고 있다.

$$CN = \frac{25400}{S + 254}$$

결국, Landsat TM 자료로부터 얻어진 토지피복도와 토양도로부터 얻어진 수문학적 토양군을 이용하여 각 선행함수 조건(AMC)별로 공간적인 형태로 유출곡선번호를 산정할 수 있으며, 이로부터 각 격자별 최대 잠재보유수량을 계산하면 최종적으로 각 격자에서의 유효강우량을 산정할 수 있다.

SCS의 유출곡선번호(Curve Number : CN)는 토

지피복도와 토양의 투수성을 나타내는 수문학적 토양군, 그리고 토양의 함수량을 나타내는 선행함수조건이 고려되어 결정될 수 있으며, 그 하나의 결과로서 그림 7에 안성천 유역의 30m 격자별 CN도(AMC-II)를 작성한 결과를 나타내고 있다. 이상의 과정을 거쳐 선행함수조건(AMC)별로 얻어진 유출곡선번호를 이용하여 강우사상에 대하여 선행함수조건을 판별하여 조건에 맞는 CN도를 이용할 수 있으며, 유효누기우량을 산정한 하나의 예를 그림 8과 9에 나타내었다. 전체강우에 대하여 손실량의 지역적 차이 및 그로 인한 직접유출에의 기여 정도를 한 눈에 파악할 수 있음을 알 수 있다. 또한 그림 10과 11에 시간별 유효우량을 산정한 결과를 나타내고 있으며, 이로부터 하나의 강우사상에 대하여 시간별 전체강우에 대하여 강우의 분포상황 및 유효우량의 시·공간적인 분포상황을 쉽게 파악할 수 있다.

4.3 유출분석에 의한 검증

이상에서 얻어진 유효강우를 이용하여 유출분석을 실시하여 관측유량에 대한 상대적인 정확성 검증을 실시하였다. 유출분석을 위하여 그림 12와 같은 유역분할도를 구성하여 HEC-HMS 모형을 적용하였으며, 유역추적을 위하여 Clark의 유역추적법을, 하도추적을 위해서는 Muskingum방법을 적용하였다.

소유역별 면적, 하천연장 및 경사 등의 유역 및 하천

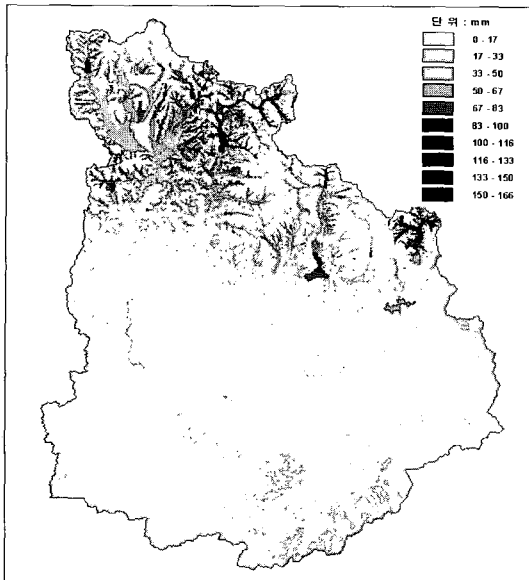


그림 8. 유효강우의 공간분포
(2000년 7월 19일 00:00~22일 18:00)

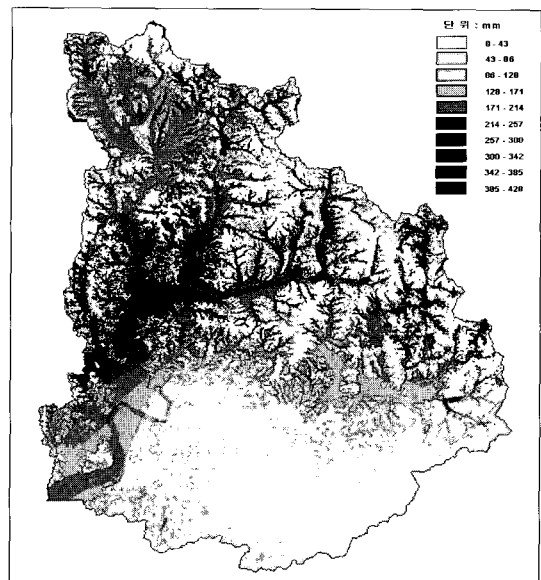


그림 9. 유효강우의 공간분포
(2000년 7월 19일 00:00~23일 02:00)

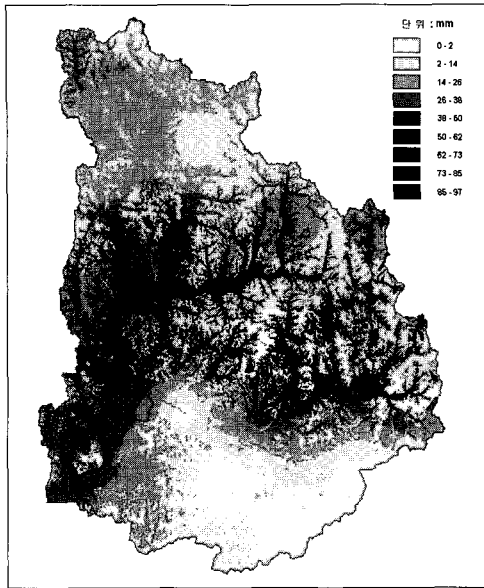


그림 10. 유효강우의 시간별 공간분포
(2000년 7월 22일 21:00~22:00)

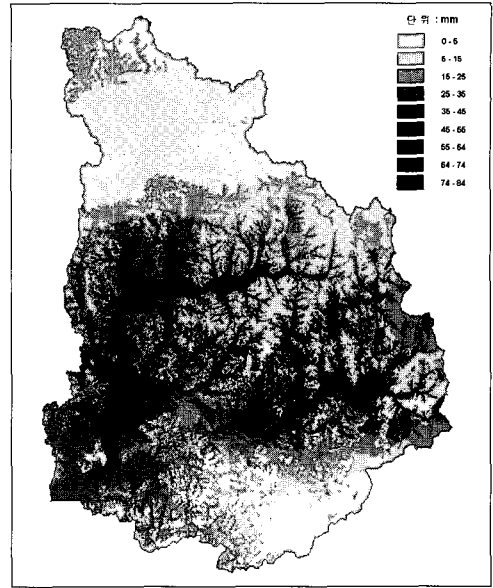


그림 11. 유효강우의 시간별 공간분포
(2000년 7월 22일 22:00~23:00)

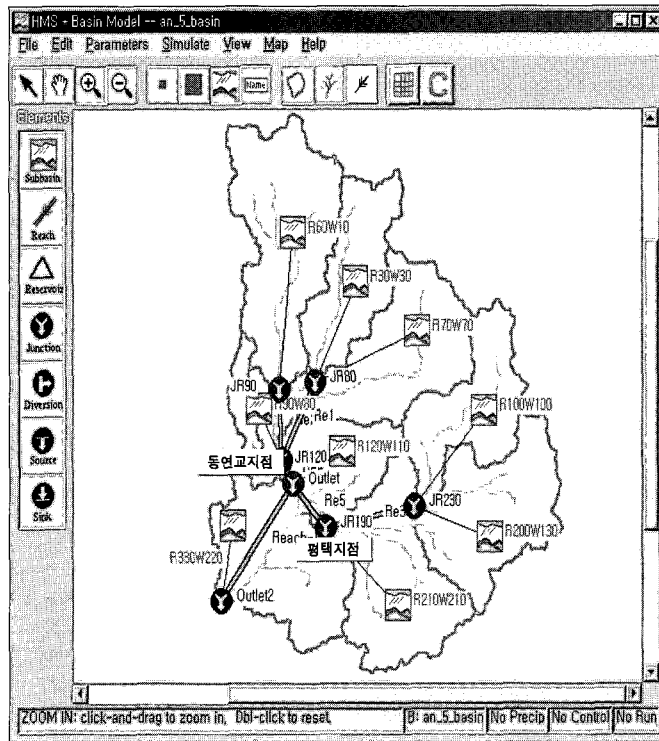


그림 12. HEC-HMS 모형을 위한 유역분할 및 유출망 구성도

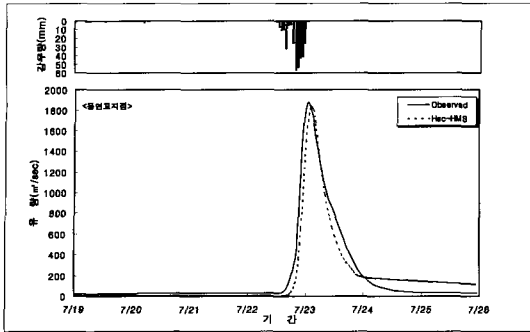


그림 13. 유출계산 결과(동연교지점)

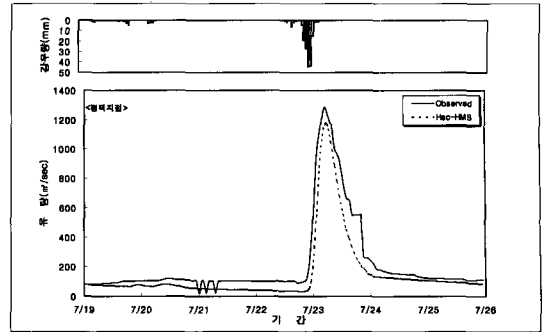


그림 14. 유출계산 결과(평택지점)

표 6. 강우사상에 대한 관측유량과 계산유량의 비교

기간	지점	강우량 (mm)	첨두유량 (m ³ /sec)		유출고 (mm)		유출율		첨두유량 오차(%)
			관측	계산	관측	계산	관측	계산	
'99.7.31-8.6	동연교	259.4	1088.0	1127.1	193.6	188.6	0.75	0.73	3.59
	평택	239.1	1018.0	1113.4	164.6	147.1	0.69	0.62	9.37
'99.9.19-26	동연교	381.1	995.0	1098.7	241.8	271.9	0.63	0.71	10.42
	평택	296.1	614.0	679.4	182.0	176.4	0.61	0.60	10.65
'00.7.19-26	동연교	329.4	1877.0	1917.7	174.8	168.8	0.53	0.51	2.17
	평택	258.1	1287.0	1191.5	217.6	151.7	0.84	0.77	7.42

에 대한 물리적 특성은 DEM으로부터 추출하였으며, 동연교 지점과 평택 수위관측지점에서의 유출량을 산정하였다. HEC-HMS에 의하여 산정된 두지점에서의 유출계산 결과를 그림 13 및 14에 나타내었다. 표 6은 관측 및 계산유량에 대한 비교를 보인 것으로 첨두유량 및 유출율이 비교적 정확하게 일치하고 있으며, 첨두유량이 약 10%이하의 정확도로 재현될 수 있음을 알 수 있다. 그림 14의 평택지점의 경우 관측유량이 부분적으로 급강하하는 부분이 나타나고 있으며, 이는 TM 수위전송과정에서 발생하는 오류이다. 그러나, 이로 인한 유출율의 변화는 미소하며 특히 홍수수문곡선의 형태는 큰 문제가 없으므로 인위적인 수정은 가하지 않는 것으로 하였다.

5. 결 론

홍수에 관계하는 강우부분은 침투 및 손실에 의한 강우가 제외된 유효강우(초과강우)로 인한 결과로 나타나므로 강우분포와 함께 유효강우분포를 신속하게 제공할 수 있다면, 홍수의 감시가 신속하게 이루어질 수 있다. 위성자료와 같이 공간적 특성을 파악할 수 있는 자료를 이용할 경우 유역 내에 관련된 인자 및 식생, 토

지피복 등의 자세한 정보를 취득할 수 있으며, 이를 적당히 가공, 처리함으로써 수자원에 이용될 수 있는 정보를 제공할 수 있다. 본 연구에서는 그 중 하나의 결과로서 유효강우량의 시·공간적 분포를 고려하여 산정할 수 있는 방법을 생각하고, 그에 대한 적용성에 대하여 안전천 유역을 대상으로 분석을 실시하였다.

현재까지 우리의 국토는 많은 개발로 인하여 피복상황이 크게 변화하여 왔으며, 또한 앞으로도 국지적으로 많은 변화가 예상되고 있다. 각 관계기관에서 보유하고 있는 각종 정보는 수치화되어 가고 있으며, 이는 수문학적 측면에서 유용한 정보로 활용될 수 있을 것이다. 인공위성 자료의 가장 큰 장점은 같은 지역을 반복하여 감시한다는 것이다. 이는 급변하는 토지이용(피복)상태를 다른 어떤 정보보다 가장 신속하게 검출할 수 있다는 것을 의미하며, 이를 적절히 가공, 처리함으로써 이러한 복잡한 환경속에서의 수문학적 적용을 가능하게 한다. 따라서, 본 연구에서는 궁극적으로는 우리 나라 전역을 대상으로 이러한 토지피복의 변화에 신속히 대응할 수 있는 유효강우량도 작성에 관하여 고찰하였다.

SCS의 유출수문곡선을 이용한 유효강우량의 산정은 현재까지 강우량의 분포자료의 제공에서 한단계 진보된

수문자료의 제공이 가능할 것이다. 본 연구에서 이용되고 있는 방법은 기존에 홍수유출량 산정시 손실우량 산정을 위하여 널리 사용된 방법을 그대로 이용함으로써 방법론에서의 큰 차이는 없으나, 유효강우량의 산정 및 토양침투량 산정에 대한 하나의 지표로 이용될 수 있으며, 이는 Landsat TM 자료 및 GIS 기법을 이용함으로써 비교적 간단하게 활용할 수 있다. 이 방법은 다양한 격자크기를 갖는 다양한 유역에 대하여 그대로 적용할 수 있으며 GIS와 연계하여 도시가 가능하다.

감사의 글

본 연구는 2000년도 “농림부 농림기술개발사업” 연구비로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다. 아울러 본 연구를 수행하기 위하여 이용된 Landsat TM 영상은 일본의 원격탐사기술센터로부터 연구용으로 제공받은 것입니다. 이에 감사 드립니다.

“The authors thank .RESTEC(Remote Sensing Technology Center of Japan) providing Landsat Images for research purpose”

참 고 문 헌

김경탁, 심명필, 선우중호 (1999). “미계측 유역의 유출모의를 위한 지리정보시스템의 응용(I) : 토양도 및 토지이용도의 선정.” 한국수자원학회 논문집, 제32권, 제2호, pp. 163-176.

박병욱 (1996). “수치위성자료를 이용한 광역의 토지피복분류 기법.” 한국측지학회지, 제14권 제1호, pp.39-47

윤태훈 (1991). “유효우량산정을 위한 곡선번호 방법의 적용성.” 한국수문학회지, 제24권, 제2호, pp. 97-108.

임상준, 박승우 (1997). “논의 유출곡선번호 추정.” 한국수자원학회 논문집, 제30권, 제4호, pp. 379-387.

조홍제, 김정식 (1997). “TIN을 이용한 SCS법에 의

한 유효강우량 산정에 관한 연구.” 한국수자원학회 논문집, 제30권, 제4호, pp. 357-366.

최승필, 홍성태, 박재훈 (1993). “Landsat TM자료를 이용한 임종구분에 관한 연구.” 한국측지학회지, 제11권, 제1호, pp.50-60.

한국수자원공사 (1995). 임진강 유역조사 보고서.

한국수자원공사 (2000). 수자원관련 공간정보 분석 및 적용에 관한 연구.

환경부 (1999). 인공위성영상자료를 이용한 토지피복 분류, 환경정책평가연구원

Congalton, R.G., R.G. Oderwald, and R.A. Mead, (1983). “Assessing Landsat Classification Accuracy Using Discrete Multivariate Statistical Techniques,” *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 49, No. 12, pp.1671-1678.

Jenson, John R. (1995). *Introductory Digital Image Processing : A Remote Sensing Perspective* (Prentice Hall Series in Geographic Information Science), Prentice Hall

Lillesand, Thomas M and Kiefer, Ralph W. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley and sons.

Sharma, K.D., Menenti, M., Huygen, J., and Fernandez, P.C. (1996), “Distributed Modelling of Surface Runoff in an Arid Region using Thematic Mapper Data and GIS”, *proc. of the Int. Conf. on Water Resour. & Environ. Res.*, Japan

Story, M., and R.G. Congalton (1986). “Accuracy Assessment : A User’s Perspective,” *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 52, No. 3, pp.397-399.

(논문번호:02-036/접수:2002.6.1/심사완료:2002.07.16)