

RS, GIS를 이용한 토양손실량의 경년변화 추정

Estimation of Soil Loss Changes Using Multi-temporal Remotely-Sensed Imageries and GIS data

권 형 중* · 홍 성 민 · 김 성 준 (건국대)

Kwon, Hyong Jung* · Hong, Sung Min · Kim, Seong Joon

Abstract

The purpose of this study is to estimate temporal soil loss change according to long-term land cover changes using GIS and RS. Revised USLE(Universal Soil Loss Equation) factors were made by using point rainfall data, DEM(Digital Elevation Model), soil map and land cover map. Past two decades land cover changes were traced by using Landsat MSS and TM data. Soil loss in 2000 increased 6.3 kg/m²/yr compared with that in 1983. This was mainly caused by the increased upland area.

1. 서론

인간의 개발활동으로 인하여 자연적인 토지피복 및 식생, 토지이용형태의 변화가 일어나고 그로 인하여 과거 1차 생산 중심의 농업지역들이 공업 및 상업이 가미된 도시지역으로 발전하면서 토양유실량의 변화를 포함한 여러 수문 환경이 변화하고, 환경문제로도 대두되고 있다.

토양유실량을 산정하는 모형에는 USLE(Universal Soil Loss Equation), TRB(Transform Research Board), USDA-WEPP(Water Erosion Prediction Project) 등 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 과거 농업지역에서 적용하던 USLE 모형을 유역에 적용할 수 있도록 개선한 모형인 RUSLE 침식모형을 사용하였다.

김(1994) 등은 GIS를 이용하여 토양 유실에 대한 환경영향 분석과 평가를 하는데 있어서 자료의 부정확성을 보완할 수 있는 토양유실계수(Soil Loss Index)를 개발하였고, 이(2001) 등은 토양침식에 영향을 미치는 인자를 GIS 공간분석기법을 활용하여 추출하고자 하였으며, 박(2001) 등은 실무에서 적용 가능한 모형인 USLE, TRB, MUSLE, SLEMA, Morgan과 Finney 모형을 실 유역에서 토양유실량을 예측 비교하여 모형의 적용성을 검토하였다.

본 연구는 안성천 유역에서 과거 약 20년 동안 토지피복 및 토지이용의 변화에 따른 토양 침식 변화량을 RS 및 GIS 분석기법을 이용하여 산정하고, 토양침식에 지배적인 영향을 미치는 인자를 분석하고자 한다.

2. USLE 침식모형

USLE(Universal Soil Loss Equation)는 농업지역에 적용하기 위하여 Wischmeier와 Smith(1965)에 의해 처음 제안되었는데 이 모형이 개발될 당시 강우에 의한 토립자의 이탈 및 운송에 의한 개념을 기초로 하여 강우에 의한 침식성(R)에 보다 많은 연구가 집중되었다. USLE(Universal Soil Loss Equation) 침식모형식은 다음 방정식으로 표현된다.

$$A = 2.24 \times R \times K \times L \times S \times C \times P$$

여기서 A는 연평균 토양침식량(ton/ha/yr), R은 강우에 의한 침식성(erosivity), K는 토양에 의한 침식성(erodibility), L은 경사길이, S는 경사도, C는 식생피복인자, P는 토양보전 대책인자이다.

3. RUSLE 인자 추출

USLE는 농업용으로 개발된 반면 RUSLE(Revised Universal Soil Loss Equation)는 다양한 시나리오하에서 개별필지에 대한 토양 침식을 계산하고 보존계획의 이용을 기반으로 하여 토양손실에서의 모형변화를 예측하도록 개발된 모형이다.

① 강우침식인자(R)

본 연구의 대상유역의 강우 관측소는 안성관측소와 성거관측소가 있다. 1993년부터 2000년까지의 강우자료로부터 각 관측소의 연평균 강우량을 구한 후, 거리 가중치의 평균(distance-weighted average)으로서 보간하는 방법인 surface interpolation을 실시하여 A. G. Toxopeus(1998)가 제안한 $R = 3.85 + 0.35 \times P(mm/yr)$ 를 이용하여 R 인자를 추출하였다 <Figure 1>.

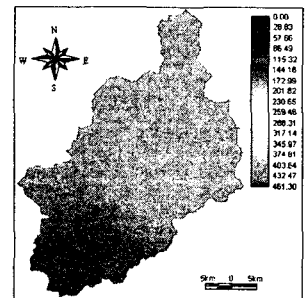


Figure 1 R value

② 토양침식인자(K)

대상유역의 1:50,000 개략토양도로부터 resampling 하여 K 값을 추출하였다 <Figure 2>.

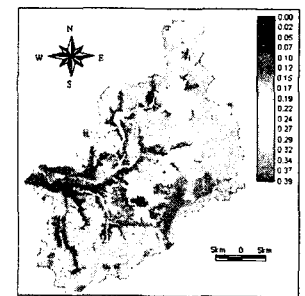


Figure 2 K value

③ 경사면 및 경사인자(LS)

$$LS = (X/22.3)^m (0.065 + 0.045S + 0.0065S^2)$$

여기서, X는 사면장으로서 본 연구에 사용된 격자 크기는 30×30m이므로 USLE공식의 흐름방향도에 따라 사면장을 구하였다. S는 %경사도, m은 지면경사도 S에 따라 변하는데 추천값은 다음과 같다 (S>5%, m=0.5; 3%<S<5%, m=0.4; 1%<S<3%, m=0.3; S<1%, m=0.2).

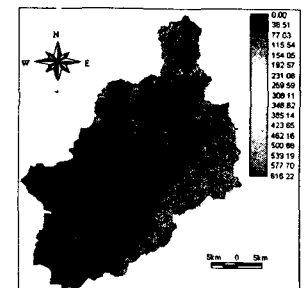


Figure 3 LS value

대상구역의 DEM에서 경사도와 방향도를 추출한 다음 reclass하여 X, S, m에 대한 그리드를 생성한 후, 각 레이어를 연산하여 LS 값을 추출하였다 <Figure 3>.

④ 피복인자(C)

토지피복별로 피복인자를 추출하기 위하여 Landsat TM 및 MSS 영상에서 추출한 토지피복도<Figure 4>와 신(1999)등이 제시한 토지피복별로 피복인자 값을 사용하여 <Figure 5>과 같은 피복인자(C)값을 추출하였다.

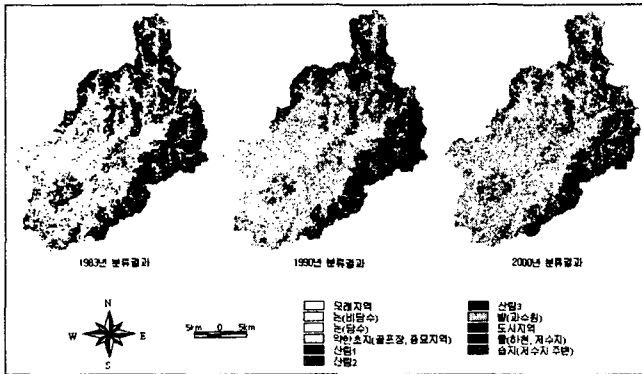


Figure 4 Result of Classification

Table 1 토지피복 변화량 (단위 : km²)

분류항목	분류년도		
	1983년	1990년	2000년
삼림	256.7	231.2	205.9
도시	4.7	5.9	33.0
논	278.0	187.8	202.2
초지	21.7	54.41	28.9
물	6.8	8.7	6.0
밭		74.8	97.3
모래지역		17.1	8.7
총면적	583.9		

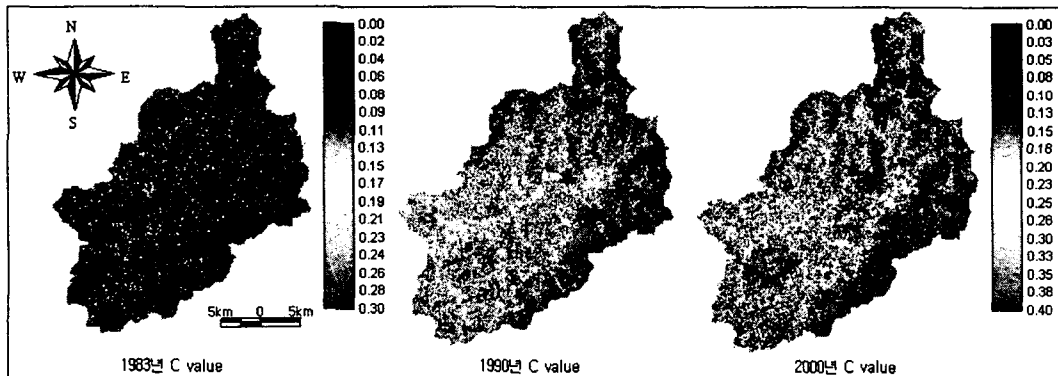


Figure 5 C value

⑤ 토양보존대책인자(P)

P 인자의 추출을 위해서 우선 경작 방식을 결정해야 한다. 국내의 경우 밭과 과수원은 주로 등고선을 따라 경작하므로 등고선 경작, 논은 대부분 계단식의 형태로 경작하므로 테라스공법에 속한다고 보고 각 픽셀의 경사도에 따라 P 값을 부여하였다.

Landsat 영상으로부터 작성된 토지피복도와 DEM으로부터 추출된 경사도를 중첩하여 토지이용과 경사도에 따른 P 값을 재분류 하였다. 산림이나 나지 등 토양 보전을 위한 특별한 대책을 수립하지 않은 곳에는 1을 물 지역은 토양침식이 없는 것으로 가정하고 0을 부여하여 유역에 대한 P 값을 추출하였다 <Figure 6>.

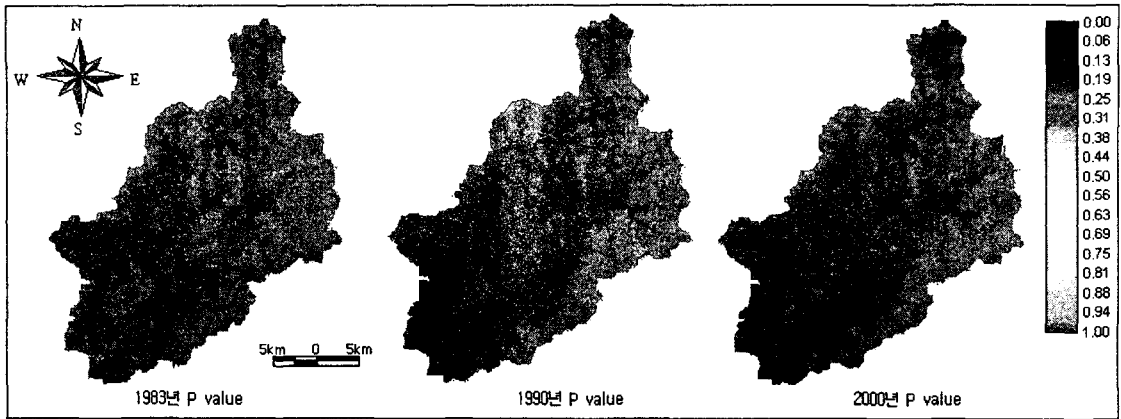


Figure 6 P value

4. 토양침식량 분석

연도별 토양침식량의 분석을 위하여 추출된 USLE 각 인자인 R, K, L, S, C, P를 곱하였다. USLE의 인자 중에서 R, K, L, S는 고정된 값을 적용하고 C, P는 각 연도별로 추출한 다른 값을 적용하였다.

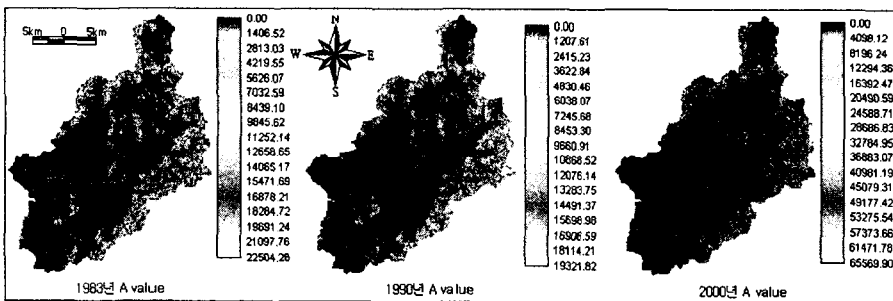


Figure 7 A value (ton/ha/yr)

Table 2 토양손실 변화량

	토양 손실량 (kg/m ² /yr)
1983년	50.9
1990년	51.8
2000년	57.2

위의 결과로서 볼 때, 1983년 영상자료는 Landsat MSS(80m×80m)이고 1990년과 2000년도의 영상자료는 Landsat TM(30m×30m)이므로 토지피복 분류를 하는 과정에서 해상도의 차이로 인해 <표 1>과 같이 분류항목의 차이가 발생하였다. 따라서 1983년 분류결과에서 밭 지역과 모래지역 및 초지 지역이 다른 항목으로 분류되어 토양 손실량에 주된 영향을 미치는 산림 지역이 다른 연도보다 더 많으나 토양 손실량은 더 적게 산출이 되어 Landsat TM을 사용한 연도와의 비교·분석에는 적합하지 않은 것으로 판단된다. 2000년도는 1990년도의 토지피복 분류 결과에서 산림지역이 줄어들고 도시지역이 현저하게 늘어나 토양손실은 줄어들 것으로 예상되었지만 <Figure 4>에서 볼 수 있듯이 2000년도 영상에서 분류된 논과 밭의 일부 지역이 <Figure 3>에서의 LS factor가 최대값을 나타내는 지역에서 분류되어 2000년 논 지역의

면적은 1990년에 비하여 14.4km²로 줄어들었으나 토양 손실량은 1664.4 ton/yr로 증가하였고 발 지역의 면적은 1990년에 비하여 12.5km²로 증가하였지만 토양 손실량의 증가량은 5395.4 ton/yr로 과대하게 산출되어 단위면적당 토양손실량은 6.3 kg/m²/yr로 늘어났다. 토양손실량의 변화에 주된 영향을 미치는 토지피복도를 RS data로부터 쉽게 획득할 수 있으나 토양손실량을 모의하는데 있어서 RS data의 활용성을 높이기 위해서는 일관성있는 분류가 먼저 실시되어야 한다고 사료된다.

5. 요약 및 결론

본 연구는 GIS와 RS를 이용하여 토지피복 변화에 따른 토양침식량 산정에 관한 연구로서 안성천 유역을 연구 대상지로 선정하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 안성천 유역내 2개의 강우관측소의 연평균 강우량 자료에 대해 surface interpolation을 실시하여 강우침식인자 R을 추출함으로써 기존의 티센망을 활용하여 추출한 강우침식인자에서 발생했던 경계면에서의 과대 오차를 최소화하여 보다 현실성을 고려할 수 있었다.

2) Landsat TM, MSS 영상에서 최대우도법으로 분류한 토지피복도로부터 분류항목별 식생피복인자값을 적용함으로써, 분포형모형의 입력자료 구축에 있어서 RS 기법을 적용하였다.

3) 토양침식량을 산정하는데 있어서 GIS 공간분석기법을 이용하여 분포형 침식모델링을 수행하고, 시간적인 분석을 위해서 RS 분석기법을 이용하고 그 활용성을 제시하였다.

4) 우리 나라와 같이 복잡한 토지이용과 지형에서 GIS 및 RS를 이용하여 RUSLE 토양침식량을 예측하는 연구는 정량적으로 검증되지 못한 상태이다. 실제 토양침식량은 지형인자 즉, L과 S 값에 따라 크게 변화할 수 있으므로 관측자료를 이용한 인자들의 적절한 보정이 필요하다고 판단된다.

인용문헌

1. Engman, E. T. and Gurney R. J., 1991. Remote Sensing in Hydrology, Chapman and Hall.
2. Gurnell, A. M. and Montgomery, D. R., 2000. Hydrological Application of GIS, John Wiley and Sons.
3. Kirkby, M. J. and Morgan, R. P. C., 1980. Soil Erosion, John Wiley and Sons.
4. Jensen, J. R., 2000. Remote Sensing of the Environment, Prentice Hall.
5. 농어촌진흥공사, 1999. 자연정화기법에 의한 시화지구 탄도담수호 수질개선 방안.
6. 한국수자원공사, 2000. 수자원관련 공간정보 분석 및 적용에 관한 연구.
7. 환경부, 1999. 인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류.