

토지이용변화에 따른 경안천 유역 토양유실에 관한 연구

김상욱* · 박종화**

A Study on the Temporal Change of Soil Loss of Kyungan River Basin with GIS

Sang-Wook Kim · Chong-Hwa Park

요 약

본 연구의 목적은 경안천 유역의 토지이용 및 식생의 활력도를 살피고, 각 시점에서의 토양유실량을 추계하며, 토지이용변화에 따른 토양유실 변화량의 증감을 분석하는데 있다. 토양유실량은 토양유실량예측공식(USLE)을 이용하여 산정하였는데 경안천이라는 광역적인 유역의 토양유실을 분석하기 위하여 GIS기법과 원격탐사기법을 동시에 이용하였다. 경안천 유역의 토지이용 및 식생활력도변화 분석뿐만이 아니라 토양유실량의 정확한 산정은 유역환경의 질에 영향을 미치는 매우 중요한 인자들이 무엇인지를 분석케 하였다. 즉 식생, 경사도 및 사면장 그리고 토양보전과 관련된 인자들에 대한 관리는 하천유역의 보전 및 토양유실의 저감에 중요한 역할을 함을 알 수 있었다. GIS기법을 응용한 본 연구는 계획가들에게 있어서 하천유역의 토지이용의 변화와 토양유실량의 상관성을 파악하게 해줌으로서 앞으로의 유역내의 장기적인 토지이용계획 수립시 매우 합리적인 지침을 제시해 줄 것으로 기대된다.

ABSTRACT: The purpose of this study is to estimate not only the watershed soil loss but also its temporal changes of Kyungan River basin, the study area, due to the land development. To analyze the soil

* 한국토지개발공사 토지연구원(KLDC Land Research Institute, 462-2, Junmin-dong, Yusung-gu Taejun, Korea, 305-390, Tel.(042) 866-8671)

** 서울대학교 환경대학원 (Graduate school of Environmental Studies, Seoul National University, Seoul, 151-742, Korea, Tel(02)887-5664)

loss of the river basin, USLE was employed. GIS and remote sensing were also utilized to estimate the soil loss. The data for this analysis consist of a series of thematic map and remotely sensed data. The remotely sensed images for this study are Landsat TM(Oct. 28, 1987 & Sep. 22, 1992). In Kyungan River basin, not only the detection of temporal changes of land use and GVI, but also the estimation of soil loss provided very significant factors that affect to the watershed environment quality. The management of the factors of vegetative cover, slope steepness and length were the keys to reduce soil loss and solve conservation and protection issues of Kyungan River basin. GIS application with USLE to the watershed analysis allows the planner to recognize sensitive sites and to plan strategies to minimize soil loss.

써 론

본 연구의 대상지인 경안천유역은 광주군과 용인군에 걸쳐 형성되어 있으며 한강의 제1상수원으로서 600km²에 이르는 광대한 지역이다. 경안천이 가지고 있는 문제점으로는 첫째, 수도권에 인접하여 급격한 난개발 위협을 받고 있으며 둘째, 팔당상수원 수질보전특별대책지역으로 지정되어 있어 수질보전에 민감한 지역이며 셋째, 다른 하천유역과 마찬가지로 특별한 하천유역 관리방안이 제시되지 않고 있다. 본 연구에서는 Landsat TM 및 DEM데이터를 이용하여 분류한 경안천 유역의 토지이용, 경사도 및 녹색식생지수(GVI)값을 USLE의 경사인자(K), 토양보전인자(P)와 식생피복인자(C)에 각각 적용하여 토양유실량을 연간 헥타아르당의 값으로 정확히 환산하였으며, '87년에서 '92년까지의 경안천 소유역에 대한 토지이용과 식생의 변화에 따른 토양유실량의 시계열적 변화를 분석해 보았다.

경안천유역 환경변화 분석

경안천유역 토지이용변화

토지이용의 분석은 하천유역이 가진 자연환경적 그리고 인문환경적 특성들을 가장 잘 알 수 있게 하며 이를 통하여 앞으로의 유역의 생태적 안정성, 쾌적

성, 이수 및 치수조절기능 및 개발 합리성 등의 관리지침을 도출할 수 있게 한다.(Lillesand, 1994) 본 연구에서 원격탐사기법에 이용된 위성영상자료는 Landsat TM 92년 9월 자료와 87년 10월 27일의 자료이며 USGS에서 제시한 토지피복 및 토지이용 분류 수준 가운데 level 1에 따라 도심(고밀도시가지), 주거지(저밀도 시가지), 경작지, 삼림 및 수체의 5가지 형태로 분류하였다.

표 1. 용인읍 토지이용변화1

용인읍 (도시형)	면적비율(%)	
	'87년 영상	'92년 영상
도심	0	1.23
주거지	9.53	19.77
경작지	21.44	25.34
삼림	66.49	51.24
수체	2.54	2.42
합계	100.00	100.00

표 2. 용인읍 토지이용변화2

토지이용변화 (%)		용인읍 87년 토지이용			
		주거지	경작지	삼림	수체
용인읍 92년 토지 이용	도심	19.2	0.13	0.27	0
	주거지	75.1	32.8	8.84	4.1
	경작지	12.8	54.2	18.2	1.5
	삼림	1.91	12.0	72.7	2.48
	수체	0	0.87	0.03	92.8
합계		100	100	100	100

표 1은 용인읍 지역의 87년에서 92년 사이의 토지이용의 정량적 변화량을 나타낸다. '87년에 나타나지 않던 도심이 '92년에 1.23% 나타났으며 전반적으로 도심과 주거지는 면적이 늘어났으나 삼림의 경우 줄어든 것으로 분석된다. 이를 표 2에서 보면 '87년 주거지면적의 19.2%가 도심으로 용도변경되었으며, 특히 경작지는 그 면적의 33%정도가 주거지로 토지이용이 변화된 것을 볼 수 있다.

표 3. 능완천유역 토지이용변화1

능완천 (혼합형)	구성비율(%)	
	'87년 영상	'92년 영상
도심	0	0.12
주거지	3.97	10.61
농경지	21.8	27.69
삼림	73.66	60.84
수체	0.57	0.78
총계	100.00	100.00

표 4. 능완천유역 토지이용변화2

토지이용변화 (%)		능완천 87년 토지이용			
		주거지	경작지	삼림	수체
능완천 92년 토지 이용	도심	0.7	0.2	0.1	0
	주거지	83.7	19.8	6.6	24.6
	경작지	6.3	76.7	16.7	0.9
	삼림	8.9	3.2	76.2	14.2
	수체	0.4	0.1	0.4	60.3
합계		100	100	100	100

표 3, 4를 통하여 경안천의 소유역 가운데 하나인 능완천 유역 토지이용변화를 살펴보면 용인읍에 비하여 변화량이 크게 늘지는 않았지만 경작지와 삼림이

도심과 주거지로 변화되는 비슷한 현상을 알아볼 수 있다.

녹색식생지수(GVI) 변화

모든 식생지수는 식물의 활력도 및 녹피율에 따른 가시광선 및 근적외선 파장대 광선의 반사량의 차이를 이용한다. 원격탐사에 의한 MSS나 TM자료는 식생의 분포범위, 생체량, 생산성, 엽면적, 녹피율 등을 예측할 수 있다. 정규식생지수(Normalized Difference Vegetation Index)를 변환한 TVI(Transformed Vegetation Index)는 NDVI가 음수값을 가지는 단점을 해결하였으며 식생의 생체량 측정에 광범위하게 이용되고 있다. 본 연구에서는 위성영상을 이용한 다양한 식생지수 중에서 현재까지 가장 정교한 것으로 평가되고 있는 Tasseled Cap 변환에 의하여 산출된 녹색식생지수(Green Vegetation Index)를 이용하기로 한다. GVI분석을 위한 Tasseled Cap변환계수는 표 5 와 같다.

표 5. TM 자료를 이용한 Tasseled Cap 변환 계수

	TM BAND					
	1	2	3	4	5	7
SBI	0.33138	0.33121	0.55177	0.42514	0.48087	0.25252
GVI	-0.24717	-0.16263	-0.40639	0.85468	0.05493	-0.11749
SMI	0.13929	0.22490	0.40359	0.25178	-0.70133	-0.45732

<자료> Crist and Cicone(1984), "Comparison of the Dimensionality and Features of Simulated Landsat-4 MSS and TM data", Remote Sensing of Environment , 14 , pp 235 - 246

GVI를 보다 간편하게 통계처리하고 식생의 활력도를 쉽게 구분하기 위해서는 이들의 등급을 구분할 필요가 있는데, GVI의 평균과 표준편차를 이용하여 이를 6등급으로 구분하였다. GVI 등급은 1은 삼림 훼손이 심한 지역을, 6등급은 가장 건강한 삼림 상태를 의미한다. 표 6 은 '92년의 경안천유역 전체의 GVI등급을 분석한 것이다.

표 6. 경안천 유역 GVI 등급표('92)

GVI 등급	1	2	3	4	5	6
면적 (ha)	34.75	1972.50	19494.00	28992.50	11848.25	446.75
비율 (%)	0.06	3.14	31.0	46.2	18.9	0.7

경안천 유역의 GVI등급을 보면 1등급지역은 0.06%로 그 면적이 매우 작게 나타나고 있는데, 수심이 어느정도 깊은 지역인 경안천 하류 광동교 부근에 집중되어 나타나고 있다. 하천, 도시화가 이루어진 지역 및 공업단지 등이 2등급의 식생지수를 보이고 있다. 삼림지역, 과수원 및 밭 일부는 3등급과 4등급으로 나타나고 있으며 유역면적의 대부분을 차지하고 있다. 경작지인 논은 대부분이 5등급으로 나타나고 있으며, 논 일부와 골프장의 green과 fairway지역이 가장 식생지수가 높은 6등급으로 나타나서 관리상태가 좋은 초지지역이 가장 식생지수가 높은 것으로 나타났다.

경안천유역 토양유실량 예측

UNITAR⁷⁾에서는 전 지구적인 자원의 관리방안의 일환으로 토양유실과 삼림 파괴를 설명하는데 토양유실량예측공식을 이용하고 있다. 자연지역 또는 농촌지역의 토지이용형태별 비점오염부하는 토양유실량예측공식인 USLE(Universal Soil Loss Equation)에 기초하여 산정한다(구본경,1988). USLE는 다양한 조건하에서의 토양보전을 위하여 연평균 또는 계절적인 토양유실을 측정하기 위하여 개발되었으며 이를 통하여 토양침식의 지표를 제공받을 수 있으며 이는 계획가들에게 개발에 있어 매우 민감한 지역을 인식하도록 하여주며, 토양손실을 최소화할 수 있는 계획전략을 수립할 수 있게 한다(Dunne, et al,1978).

$$S_l = R * K * L_s * C * P$$

여기에서 S_l = 토양유실량(ton/hr/h)
 R = 강우인자
 K = 토양침식성인자
 C = 식생피복인자
 L_s = 경사인자
 P = 토양 보존인자

1. 강우인자(R)

강우인자의 산정은 광주군과 용인군에 대한 정확한 강우인자 연구결과가 나와있지 못하므로 표 7 의 연구결과를 바탕으로 최대 30분 강우강도를 370으로 결정하였다.

7) UNITAR는 United Nations Institute for Training and Research의 약자.

표 7. 경안천 주변지역의 강우인자(R)

지역	강우 인자(R)		
	EI 10	EI 20	EI 30
수 원	983	557	405
이 천	639	465	345
양 평	653	427	348

<자료>정필균 외(1983), "토양유실량 예측을 위한 강우인자의 분석, 한국토양비료학회지 16(2),pp113-114

2. 토양침식성인자(K)

경안천유역의 토양 침식도를 작성하기 위한 첫단계는 토양침식성인자값의 선정이다. 인자값을 선정하기 위하여 1:25000 정밀토양도를 기준으로 하여 토양의 조직, 유기물 함량, 토양구조, 투수성 값을 구하고 K인자 산출계산도표(Dunne et al.,1978)를 이용하여 토양 침식성인자값을 구하였다. 표 8 은 경안천유역에 해당되는 토양통의 종류를 순서에 맞게 표현한 것으로 경안천유역의 토양통은 전체 76가지 가운데 48가지가 해당된다. 극세사, 미사 및 사토의 값은 토양입자분포표를 이용하여 구하였는데 사토의 비율은 극조사, 조사, 중사, 세사를 모두 합한 값으로 하였다.

표8. 토양침식성인자(K) 산출표

번호	토양명	silt/very fine sand	Percent Sand	Organic matter	Soil Structure	Permeability	K 값
4	고평	49.2	25.7	1.21	2	2	0.26
5	남계	30.4	60.2	2.93	3	3	0.19
6	남곡	33.0	62.5	0.76	3	3	0.29
7	대곡	59.8	9.8	2.00	1	3	0.26
8	역천	45.0	43.6	2.48	2	1	0.23
10	미곡	44.2	55.3	0.97	3	3	0.27
11	백산	67.6	13.6	4.13	1	2	0.23
12	부곡	54.7	15.3	2.10	1	3	0.23
13	사촌	67.2	28.7	4.02	1	4	0.23
14	사촌	67.2	28.7	4.02	1	4	0.23
15	사촌	67.2	28.7	4.02	1	4	0.23
16	사촌	67.2	28.7	4.02	1	4	0.23
17	사주	43.1	50.5	1.53	3	2	0.29
18	사주	43.1	50.5	1.53	3	2	0.29
19	사천	76.1	6.9	3.03	1	4	0.34
20	사토	46.8	31.3	2.93	2	2	0.19
21	사토	46.8	31.3	2.93	2	2	0.19
22	사정	51.6	24.8	1.14	2	2	0.29
23	사정	48.0	42.0	2.07	3	4	0.36
26	사담	31.2	56.6	2.47	3	5	0.26
27	사동	67.2	20.8	4.06	2	4	0.25
29	사동	85.7	47.2	4.45	3	2	0.13
30	사동	67.5	21.3	2.12	1	3	0.30
31	사동	67.5	21.3	2.12	1	3	0.30
32	사동	67.5	21.3	2.12	1	3	0.30
34	사산	49.3	35.9	1.21	2	2	0.30
37	사천	40.1	45.8	2.38	3	5	0.32
38	사산	36.4	45.8	2.86	3	2	0.18
39	사동	60.5	16.1	3.52	1	3	0.20
40	사동	54.5	31.4	2.57	2	3	0.29
41	사동	54.5	31.4	2.57	2	3	0.29
44	사동	26.5	62.5	1.02	3	2	0.19
45	사동	26.5	62.5	1.02	3	2	0.19
48	사동	36.9	52.2	1.81	3	2	0.22
50	사동	68.2	4.8	2.45	1	3	0.30
51	사동	24.2	77.7	2.12	3	2	0.17
53	사동	62.3	14.8	2.36	1	3	0.30
55	사동	32.9	53.3	2.26	2	4	0.22
56	사동	32.9	53.3	2.26	2	4	0.22
61	사동	32.9	56.4	2.47	3	1	0.18
62	사동	32.9	56.4	2.47	3	1	0.18
66	사동	34.3	48.4	2.36	3	1	0.17
68	사동	34.3	48.4	2.36	3	1	0.17
69	사동	49.3	35.9	1.21	2	2	0.30
71	사동	36.4	45.8	2.86	3	2	0.18
75.7	사동	65.1	25.9	3.02	1	1	0.16

토양배수는 매우양호에서 매우불량까지의 값을 1에서 6값으로 바꾸었으며, 토양조직 및 유기물함량도 또한 정밀토양도의 토양의 물리 및 화학적 특성표를 참고하였다. 이상에서 침식성인자값은 0.13 - 0.34의 범위를 보이고 있다.

3. 경사인자(Ls)

사면장의 길이는 본 연구에서 이용한 DEM(Digital Elevation Model)값으로 산정이 불가능하기 때문에 경안천유역의 향분석을 통하여 경사도와 향의 길이와의 값을 임의로 산정하였다. IDRISI상에서 경사향분석을 통하여 경안천유역의 향 이미지를 얻은 후에 향을 평탄지, 북향, 북동향 등으로 9등분을 한 후 향 방향으로 사면장의 최대값을 구하였다. 사면장과 사면장각각의 경사도를 동시에 분석하여 경사도와 사면장 길이간의 상관관계를 임의로 산정하였다. 사면장 최대 길이와 경사도와의 관계 그리고 경사인자 계산도표(Dunne et. al.,1978)를 이용한 Ls값을 표 9 에 제시하였다. 표 9 를 보면 경사가 급해질 수록 사면장의 길이는 짧아지고 Ls값은 커지는 경향을 보이고 있는데 이러한 경향을 유사 사례연구인 이석민(1994)의 결과와 비교할 때 수치의 차이는 있지만 경향은 비슷하게 나타났다.

표 9. 경안천 유역의 경사인자(Ls)

경사도(%)	사면장m	경안천유역경사인자
0 - 2	500	0.32
2 - 4	450	0.69
4 - 8	400	2.6
8 - 12	350	4.6
12 - 20	250	7.9
20 - 30	200	17.0
30 - 40	100	18.8
40 이상	50	24.7

4. 식생피복인자(C)

본 연구에서는 GVI값을 이용하여 식생 활력도를 판단하고 있다. 식생피복인자와 식생지수와의 상관성에 대한 관련 연구중 De JONG(1994)의 연구는 프랑스 남부지방을 중심으로 NDVI결과와 USLE의 식생피복인자값과의 상관관계를 살펴보았으나 R²값이 0.44로 그 유의도가 매우 낮은 것으로 판명되었다. 그가 제시하는 전혀 다른 측면에서의 대안은 NDVI의 분광대특성을 이용하여 토지피복을 분류하여 인자값을 적용하는 방법이다. 이에 본 연구에서는 GVI의 분광특성과 토지피복간의 상관관계를 조사하여 토지피복을 6가지 유형으로 구분, 식생피복인자값을 산정 하였다. 식생피복인자값의 산정은 정필균(1985)의 연구결과를 참고로 하였다. 경작지는 1:25000지형도를 기준으로, 초지는 골프장의 green, fairway지역을 중심으로 그리고 피도에 따른 삼림의 분류는 현장답사를 통한 방

형구법을 이용하여 산정 하였다. 표 10은 토지피복분류와 식생피복인자값을 정리한 것이다. 여기에서 나지는 0값을 주어 계산에서 제외시켰는데 그 이유는 본 연구에서의 나지는 식생이 전혀 없는 불모지의 의미가 아니 포장된 지역을 의미 하기 때문이다.

표 10. 식생피복인자값(C)

토지피복	면적(km ²)	percent(%)	식생피복인자
나지(포장된 지역)	21.5375	3.7	0
논	61.5525	10.5	0.34
밭	15.1150	2.6	0.30
초지	5.6475	1.0	0.04
산림(피도50%이하)	164.1975	27.9	0.003
산림(피도50%이상)	319.8375	54.3	0.001
합	587.9	100.0	

5. 토양보전인자(P)

현지 답사의 결과와 지형도상의 토지이용구분을 보더라도 밭이나 과수원으로의 이용은 논에 비하여 상대적으로 드물게 나타나고 있다. 수도권 근교농업지인 경안천유역의 논은 비닐하우스에 채소 등의 작물을 재배하는 지역이나 수렁논으로 지정된 유희농경지의 면적도 상당히 늘어가고 있다. 논과 밭 모두 경사가 5%이하인 지역에 집중적으로 분포하고 있는 것으로 나타나고 있으므로 토양보전인자값(P)은 경사인자를 고려한 등고선경작지의 P값(Wischmeier and Smith,1978)을 참고로 논과 밭은 0.10, 산림과 기타지역은 1.0 그리고 수체는 0으로 보았다.

경안천유역의 토양유실량

1. 경안천 토양유실량 분석

경안천유역의 토양유실량은 그 범위가 0.004ton/ha/y⁸⁾에서 67.9ton으로 예측되었다. 표 11 은 경안천유역의 토양유실 가능성을 보여주고 있다. 분석된 자료는 그 값의 범위의 폭이 넓어서 13등급으로 구분하여 그 범위별로 면적을 산정하였다. 유실량의 예측은 '92년의 자료를 기준으로 하였다. 위의 분석을 통하여

2) 본 연구에서 토양유실량의 단위는 ton/ha/y이며 이하 ton으로 표기.

알 수 있는 사항은 다음과 같다. 첫째, 경안천유역의 삼림지역은 대체로 1년에 0.1 - 5ton의 토양유실을 보이고 있는데 식생피도 50%이상의 지역가운데에서 경사가 완만한 지역은 3 - 6등급 즉 0.1 - 2ton의 유실량을 보이고 있다.

표 11. 경안천유역 토양유실량예측과 등급별 면적

	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	6등급	7등급	8등급	9등급	10등급	11등급	12등급	13등급
유실량 (ton/ha/y)	0.004- 0.05	0.05-0.1	1.0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-3.0	3.0-5.0	5.0-10	10-20	20-40	40-60	60이상
면적(ha)	435.25	922.25	11384.75	12599.75	4897.50	8889.00	6210.75	3117.50	3782.75	1987.50	1526.50	537.00	67.75
비율(%)	0.77	1.64	20.2	22.36	8.69	15.77	11.01	5.53	6.71	3.52	2.7	0.95	0.12

둘째, 농경지는 논외의 경우 2 - 7등급으로 0.05 - 3.0ton의 유실량을 보이고 있으며 밭과 초지는 7 - 9 등급으로 3.0 - 10ton정도의 토사유출량을 보이고 있다. 셋째, 토양유실량이 많은 가장 많은 지역은 토지이용측면에서 보면 골프장, 대규모무위락시설 및 공원묘지를 들 수 있다. 이러한 지역들은 10 - 40ton의 유실량을 보이고 있는데 이는 산악지역에 대규모의 개발사업이 일어나 삼림이 훼손되고 급경사지가 발생하게 된 것이 그 원인이라할 것이다. 자연농원주변지역 및 외대용인캠퍼스 주변 등도 12등급이상의 유실량을 보이고 있어 개발지와 삼림이나 농경지의 경계부분이 특히 유실확율이 높음을 보여주고 있다.

2. 용인읍지역 토양유실량 변화 분석

토양 유실량 예측공식의 인자가운데 인간에 의해 변화할 수 있는 인자는 토양보전인자와 식생피복인자이다. (UNITAR,1992) 이에 본 연구에서는 '87년과 '92년의 식생피복 및 토양보전인자값의 변화를 살펴서 그 토양유실량의 변화를 알아보기로 한다.

용인읍지역의 변화량을 표 12 를 가지고 분석해 보면 첫째, 0등급으로의 증가가 두드러지게 나타났다. 또한 발생량 0.001에서 1.5ton지역(1 - 5등급)의 일부가 1.0에서 60ton(5 - 13등급)까지의 지역으로 변하고 있음을 알 수 있다. 그 반대의 경우도 나타나고 있지만 격자수가 매우 작게 나타나서 거의 무시할 만하다. 다만 13등급의 경우 그 격자수가 많이 나타나고 있는데 이는 밭이 논으로 바뀐 지역이나 삼림과 농경지가 만나는 부분에 분포하고 있는데 그 정확한 원인을 밝히기엔 좀더 정확한 조사가 필요하리라 본다. 둘째, 등급의 변화의 폭이 심한

지역이나 유실량이 증가한 지역이 모두 도시내 주거지역과의 접변에 위치하고 있다는 점이다. 즉 주거지나 공장지역에 접한 삼림과 경작지는 항상 개발위험을 가지고 있다.

표 12. 용인읍 토양유실량 변화

		용인읍 '87년 토양유실 등급 (파소)													
		0등급	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	6등급	7등급	8등급	9등급	10등급	11등급	12등급	13등급
용 인 읍 토 양 유 실 량	0등급		39	136	95	268	122	15	247	2	54	51	46	58	97
	2등급	4	0	127	0	0	0	0	0	0	3	23	0	0	0
	3등급	0	0	0	174	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0
	4등급	35	6	0	0	3268	0	0	0	0	0	0	10	199	137
	5등급	35	42	0	0	0	3782	0	0	0	0	0	0	0	157
	6등급	24	89	0	0	0	0	582	0	0	0	0	0	0	11
	7등급	63	161	0	0	0	0	0	637	0	0	0	0	0	193
	8등급	13	0	123	0	0	0	0	0	95	0	0	0	0	0
	9등급	71	0	432	0	0	0	0	0	0	806	0	0	0	0
	10등급	35	0	326	24	0	0	0	0	0	0	330	0	0	0
	11등급	31	0	0	277	12	0	0	0	0	0	0	259	0	0
	12등급	20	0	0	0	242	0	0	0	0	0	0	0	158	0
	13등급	18	0	0	0	196	197	0	151	0	0	0	0	0	167

결 론

본 연구의 발견사항은 다음과 같다. 첫째, 용인읍유역과 능완천유역의 '87년에서 '90년까지의 토지이용은 전반적으로 도심과 주거지역은 그 면적에 있어 크게는 20%이상 증가한 반면 삼림은 15%정도 감소한 것으로 나타났다. 둘째, 경안천유역의 토양유실량은 그 범위가 0.001ton/ha/yr에서 67.9ton/ha/yr이하로 추계 되었다. 식생피도가 50%이상이며 경사가 8%이하인 삼림지역은 0.004 - 5ton의 유실량을 보이며 경작지의 경우 논은 0.05 - 5ton, 밭은 3.0 - 10ton의 범위를 보이고 있으며 골프장, 대규모 위락시설, 공원묘지등은 20 - 40ton의 유실량을 보이고 있다. 셋째, 경안천유역의 토양유실량은 경사도와 식생피복인자변화의 영향을 가장 많이 받으며 개발로 인한 삼림의 훼손 및 경사도의 변화는 그것을 아무리 제대로 복구한다고 하더라도 그 유실량은 그 이전보다 증가하는 것으로 나타났다. 또한 토양유실량의 변화의 폭이 매우 큰 지역이나 유실량이 크게 증가한 지역들은 거의 주거지 또는 주변공단의 접변지역에 위치하고 있는데 이는 취락을 중심으로 그 외곽지역이 계속적으로 확대개발되고 있는 현상과 밀접히 연관되어 있음을 알 수 있게 하며 또한 이러한 지역의 대규모 개발 후에 따르는 배후사면의 녹화처리 미비 및 복구의 어려움이 이러한 현상의 원인으로 분석된

다. 넷째, USLE를 GIS 및 원격탐사 기법에 도입하여 토양유실을 예측하는 방법은 현장답사에 의한 시간, 비용 및 미숙련 조사자에 의한 오차를 줄일 수 있다. 또한 하천유역의 토지이용계획을 수립하는데 있어 조사필요지역의 토양유실민감성에 대한 충분한 공간정보를 매우 간편하게 제공함으로써 합리적인 의사결정에 큰 도움을 줄 것으로 파악된다.

참고 문헌

- 구본경(1988), 「유역내 토지이용상태가 수질에 미치는 영향에 관한 연구」
서울대학교 환경대학원 석사학위논문, pp29 - 30, pp40 - 44.
- 박종화(1992), 「위성영상자료를 이용한 서울시 도시녹지의 분석」, 『환경논총』 제 30권, pp 210-230.
- 신재성(1983), 「토양유실량예측을 위한 강우인자의 추정」
『한국토양비료학회지』 16(3) pp106 - 118.
- 정필균 외(1985), 「토양유실량 예측을 위한 작촌인자 검토」,
『한국토양비료 학회지』 18(1).
- Boon et. al(1992), "Essential Elements in the Case for River Conservation"
River Conservation and Management, John Wiley, p13.
- Crist and Cicone(1984), "Comparison of the Dimensionality and Features
of Simulated Landsat-4 MSS and TM data," *Remote Sensing of
Environment*, 14 , pp 235 - 246.
- De Jong(1994), "Derivation of Vegetative Variables from A Landsat TM
Image for Modelling Soil Erosion", *Earth Surface Processes and
Landforms*, vol 19 , pp 165-178.
- Dunne et. al.(1978), *Water in Environmental Planning*, W. H. Freeman. pp
506-543.
- Engman(1994), "Remote Sensing", *Handbook of Hydrology edited by
Maidement*, pp 24.13 - 24.19.
- Lillesand et al.,(1994), *Remote Sensing and Image Interpretation 3th
edit.*, Wiley and Sons., pp 169 - 171.