

GIS를 이용한 왕숙천 유역의 생태계 관리 시스템

이웅재 · 원두희*

서울여자대학교 컴퓨터학부 · 고려대학교 생물학과*

Ecosystem management system of Wangsuk stream region by geographical information systems

Lee Woong Jae · Doo Hee Won*

Division of Computer, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea

Abstract

The need and concern about ecosystem are growing rapidly. However, ecosystem management systems are still in the first stage since the data are handled locally and separately. It results in the waste of money and time. In this research, we designed and implemented ecosystem management system of stream region using geographical information system(GIS) that is able to be used to manage the natural resource efficiently. It is expected to be used as a useful tool for improvement of environment and management of ecosystem as well as recovery of natural environment.

Key words : ecosystem management system, geographical information system(GIS), stream region

I. 서론

국내는 물론 세계적으로 자연 생태계에 대한 관심이 높아지고 있으나 생태계 관리를 위한 체계적인 시스템의 개발은 아직 초보적인 단계라 할 수 있다. 현재까지의 생태계 관리 시스템을 살펴보면 많은 자료들이 독립적으로 존재하고 연계되지 못하여 자료의 중복 조사로 인한 예산낭비, 채집에서 오는 예산 및 시간상 낭비, 자료의 손실에서 오는 낭비 등의 비효율성, 비경제성 등이 발생하고 있다. 이렇게 지금까지 자연 생태계의 관리는 분산되어 있는 관련 정보를 독립적으로 처리하여 왔다.

그러나 자연 생태계에 대한 정보를 필요로 하는 사업들이 많이 진행되고, 도시화 및 문명화가 진행되면서 오히려 자연 생태계에 대한 관심이 높아지고 자연 및 고유문화에 대한 관심도 역시 증가하고 있어 효율적인 관리를 위해 이들을 체계화, 정보화할 필요성이 대두되고 있다. 그러나 우리의 자연 생태계를 관리할 수 있는 종합시스템은 많이 부족한 실정이다.

지리정보시스템(Geographical Information Systems: GIS)이란 지리적 요소인 공간 데이터와 이와 관련된 속성 데이터의 생성, 저장, 검색, 분석 및 출력이 가능한 형태의 시스템으로써, 정확한 기

술적 지도제작이 가능하며, 각 데이터베이스의 중첩을 통하여 자료를 관리할 수 있고, 공간 데이터와 속성 데이터간의 관계를 나타낼 수도 있다. 또한 여러 가지 데이터를 축적·종합하여 모니터링 및 시뮬레이션 모델의 개발을 통한 자료의 분석도 가능하며, 여러 가지 자료를 이용하여 데이터들간의 중첩(overlay) 기능을 통한 실세계(real world)의 표현이 가능하다.

지리정보시스템은 1960년대 캐나다에서 산림 자원 및 국토 자원 관리를 위해 시작된 기술로서 국내에는 1980년대 중반에 처음으로 도입되었다. 수치 지도의 자동 제작 및 시설물 데이터베이스를 구축하는 자동 지도 제작(Automated Mapping: AM) 기술과 수치 지도 데이터를 이용하여 시설물 관리(Facility Management: FM) 기술이 현재까지 지리정보시스템 기술산업의 주도적인 위치를 차지하고 있다. 최근에는 자동 지도 제작 기술 및 시설물 관리 기술 이외에도 도시 행정 업무의 고도화를 위하여 도시 지역에 대한 도면 정보와 문자 정보를 통합하고 이에 대한 검색, 분석을 통하여 종합적인 행정 업무를 지원하는 도시정보시스템(Urban Information System: UIS)과 다목적 국토 정보 체계 구축, 건설과 환경 계획의 조화를 이룬 최적 입지 계획, 수치 지형 모형을 이용한 지형 분석 및 경관 정보 분석, 토지 및 건축 대장 등 다목적 부동산 관리 정보 체계의 구축 등의 토지정보시스템(Land information System: LIS) 분야의 기술도 발달하였다.

지리정보시스템 응용 기술로서 지리정보시스템과 교통정보시스템(Transportation Information System: TIS)을 결합 연계한 GIS-T는 지리정보시스템 기술을 교통 체계의 효율성과 안전성을 제고하기 위하여 기존의 교통 체계에 전자, 정보, 통신, 제어 등의 지능형 기술을 접목시킨 차세대 교통 체계로서 다양한 교통 목적에 적합하게 변형한 새로운 분야이다. 지능형 교통시스템(Intelligent Transportation System: ITS)과 연계되어 범지구 위치확인 시스템(Global Positioning System: GPS) 기술과 접목을 통한 이동체의 위치추적 및 관제 기술 역시 교부가가치의 지리정보시스템 응용 기술로 많은 연구가 진행되고 있다. 또한 인터넷을 비롯한 각종 통신 네트워크를 통해 지리 정보 또는 공간 정보를 제공하려는 서비스 시스템 개발과 관련된 MOD(Mop On Demand) 및 인터넷 지리정보시스템 기술이 최근 연구되고 있다. 1990년대 들어 국가적 차원에서의 지리정보시스템 관련 기술 개발을 적극 추진 중에 있으며 과학기술부가 주관하고 과학기술정책연구원(STEPI)이 관리하는 국가지리정보체계(NGIS) 구축 사업이 1995년부터 진행중이다. 이에 따라 지리정보시스템 관련 기술 개발을 지원하고, 국가 표준을 설정하며, 기본 공간 데이터베이스를 구축하는 등의 작업이 진행중이다. 이에 발맞추어 업계에서도 GIS 데이터베이스의 구축, 응용 소프트웨어의 개발, 시스템 하드웨어 및 관련 소프트웨어의 공급 등을 빠르게 수행하고 있어 급격한 기술 발전을 예측할 수 있다. 한편 생태계 관리 차원에서도 지리정보시스템을 이용한 중소하천의 어류 다양성 예측에 관한 연구^{1,2)} 등이 최근에 시도되고 있다.

우리나라의 하천은 1960년 이래 각종 개발 사업으로 생물의 서식 환경이 크게 훼손되어왔으며, 인구 밀집 지역을 흐르는 도시 하천의 경우 환경 훼손은 극심한 실정이다. 하천의 생물 서식 환경을 파괴하는 것은 생물 유지 능력을 취약하게 하여 그 하천을 더욱 단순한 구조의 생태계로 변모시킬 뿐만 아니라 자정능력을 상실케 함으로서 결국은 수질오염을 가속화시키는 결과를 가져오게 된다^{3,4)}. 따라서 개발로 인한 하천 생태계의 훼손을 최소화하고 효과적인 복원을 하기 위해서는 생태계의 관리를 위한 시스템의 개발이 무엇보다도 요구된다.

경기도 남양주시에 위치한 왕숙천은 서울시와 인접한 곳에서 한강 본류로 유입되는 까닭에 서울시 식수원에 직접적인 영향을 미치므로 수질관리가 특히 중요시되는 하천으로, 우리나라의 근대화 과정에서 대도시의 팽창에 따른 인위적 환경 변화를 가장 직접적으로 받은 하천이라고 할 수 있다⁵⁾. 왕숙천 상류에는 자연생태계 보존지역인 광릉 수목원이 위치하고 있어서 비교적 자연 생태계가 잘 보존된 지역에서부터 하류로 갈수록 대도시의 팽창에 따른 가장 극심한 환경 변화를 겪은 지역까지 비교적 다양한 생태계를 지닌 하천이기도 하다. 왕숙천에서는 1960년대 이래 수서곤충에 관한 조사

가 수 차례 이루어져 왔다⁵⁻⁸⁾.

이 연구는 지리정보시스템을 이용한 자연 생태계의 효율적 관리, 자료의 데이터베이스화를 통하여 자연 자원의 효율적 관리를 위한 생태계 관리 시스템을 개발하는 데에 그 목적이 있다. 특히 도시화의 과정 속에서 인공 구조물에 의하여 변형되어 그 본래의 기능을 상실한 도시 하천의 환경을 개선시키고, 생태계의 효율적 관리, 국토의 체계적 개발에 기여할 수 있도록 지리정보시스템을 이용한 하천생태계 관리시스템의 개발을 통하여 자연 생태계의 관리 및 복원에 도움이 되고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 연구 지역

왕숙천은 경기도 포천군 내촌면에서 발원하여 구리시와 남양주시를 거쳐 한강 본류로 유입되는 지류로 총 연장길이는 37.0 km이고, 유역 면적은 276.5 km²이며, 10여 개의 크고 작은 지천을 가지고 있는 도시형 평지하천이다. 하천 상류에는 자연생태계 보전지역인 광릉 수목원이 위치하고 있어서 비교적 하천 유역이 잘 보전되어 있으나, 중·하류

로 갈수록 도시화로 인하여 극심한 환경변화를 받고 있다. 왕숙천은 거의 모든 하천 유역이 남양주시에 포함되어 있으며, 중·상류 유역은 진접읍과 진건면 및 퇴계원면에 해당되고, 하류 유역은 구리시와 남양주시 도농동을 끼고 있다(Fig. 1).

왕숙천 유역에서는 1960년대 이래 도시화가 가속화되었고, 하류로 내려갈수록 인구집중은 더욱 심화되었다. 최근 수년간에는 상류지역에서도 대규모 레저시설, 음식점, 숙박시설 등이 들어서고, 중·하류지역에는 아파트와 같은 대규모 주거단지가 조성되어왔다. 이로 인하여 유동인구는 날로 증가하여 교통난이 극심해졌으며, 도로확장공사가 연중 진행되는 등 하천 유역의 환경은 극도로 교란을 받고있는 상태이다^{5,8)}.

2. 연구 방법

ArcView를 이용하여 왕숙천을 중심으로 한 하천 유역의 1/25000 지형도 및 여러 속성 데이터를 입력하였다. 속성 데이터로는 자연 생태계의 효율적 관리를 위한 기초 자료가 될 수 있는 하천 유역의 물리·화학적 환경 속성 데이터 및 생물 지표와 하천 유역 식생의 생물 속성 데이터를 선정하였다.

왕숙천에서 하천의 유하 방향에 따라 20개의 조사지점을 선정하여 1999년 4월에 물리·화학적 환경 및 동·식물상에 대한 조사를 실시하였다. 하천 유역의 물리적 환경은 각 조사지점에서 수온, 유속, 고도, 하폭, 수폭, 하상 구성, 제방상태 및 하천 둔치 현황 등을 조사하였고, 화학적 환경은 수질오염공정시험법에 따라 수소이온농도(pH), 용존산소(DO; Dissolved Oxygen), BOD₅(Biochemical Oxygen Demand), 전기전도도(Conductivity), 부유물질(SS; Suspended Solids), 총질소(TN; Total Nitrogen), 총인(TP; Total Phosphorus)의 수질항목을 측정, 분석하였다. 또한 하천의 각 조사지점별로 저서성 대형무척추동물(benthic macroinvertebrate)의 군집을 조사하여 각 조사지점의 우점종을 구하였다. 하천 유역에서는 각 유역별로 10×10 m 방형구를 이용한 식생을 조사하였고, 각 우점 군락별로 해발고도, 방위, 경사도, 지형, 토양, 모암, 식생형,

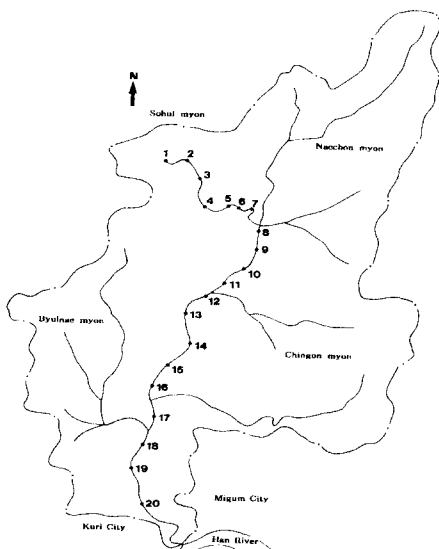


Fig. 1 Overall map of Wangsuk stream region.

낙엽 부식층 정도, 출현종수, 교목층, 초본층 및 인접 군락 등의 다양한 정보를 조사하였고, 이를 토대로 식생 평가 등급을 산정하였다.

3. 생태계 관리시스템

이 연구는 하천 유역에서 조사된 환경 자료 및 생물 자료의 속성 데이터 구축, 지형 자료들의 지리정보시스템을 위한 공간 데이터 구축 및 이의 효율적인 사용을 위한 편리한 사용자 인터페이스의 개발에 있다. 이를 위하여 식생 단위별로 유형화된 자료의 조사와 조사된 자료의 지도화를 구현하였다. 또한 도시화 단계에 따른 저서성 대형무척추동물의 군집 변화를 조사하기 위한 자료의 조사와 각 조사 지점별로 조사된 자료의 지도화를 구현하였다. 사용자 인터페이스 개발 및 지도화를 위한 환경 구축 도구로는 가장 범용적인 지리정보시스템 개발 도구인 ArcView와 (주)KT-DATA가 개발한 지리정보시스템 개발 도구인 GEUS를 사용하였다.

조사된 자료를 기초로 식생도를 작성하여 ArcView를 이용하여 입력하여 GEUS가 읽기 가능한 형태로 변환하였으며, 식생 정보는 GEUS를 이용하여 데이터베이스화하였다. 기타 하천의 화학적 환경, 물리적 환경, 생물 지표 등의 정보들도 또한 GEUS를 이용하여 속성 데이터를 구축하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 공간 데이터 구축

공간 데이터를 표현하는 방법에는 래스터식 표현과 벡터식 표현방법이 있다. 래스터식 표현 방법에서는 하나의 셀로 점을 표현하고, 동일한 방향으로 인접하고 있는 셀들의 집합에 의해 선을 표현하며, 사방으로 인접하고 있는 셀들의 집합으로 면을 표현한다. 따라서, 셀의 크기에 의해 면적계산에 영향을 미친다. 즉 셀의 크기가 공간 데이터의 점을 표현할 때 점보다 크기가 큰 경우에는 면적 계산에서 오차가 크게 나게 되는 것이다.

벡터식 표현 방법은 보편적으로 사용되는 방법으로, 2차원 도면과 같이 도로, 육지 등의 서로 다른 지형요소간에 경계를 구분하는데 사용한다. 벡

터식에서는 좌표 공간을 표현하는데는 점, 선, 다각형을 사용한다. 점은 (x, y) 좌표를 가지고 있으나, 면적이 없으며, 선과 다각형은 서로 연결되는 (x, y) 좌표의 집합이다. 이 좌표들은 주어진 속성과 연결시킬 수 있다. 래스터식 표현 방법에서는 공간을 연속적이지 않은 것으로 가정하였으나 벡터식 표현 방법은 공간을 정확하게 표현할 수 있도록 연속적인 것으로 가정한다.

본 연구에서 사용한 소프트웨어인 GEUS와 ArcView는 벡터식 표현 방법을 사용하므로 도면상의 지형 요소들을 점, 선, 다각형으로 표현한다. 점은 면적이 없는 위치를 나타내는데 사용되었고, 선은 등고선 같이 연속적이면서 면적이 없는 지형을 나타낼 때 사용되었으며, 면은 동일한 식생 군락과 같이 같은 특징이 존재하는 영역을 나타내고자 할 때 사용하였다.

왕숙천 유역의 1/25000 지형도를 스캐너를 이용하여 그림(jpg)파일로 만든 다음 ArcView에서 그림 파일을 읽어들이 모니터 상에 띄운 후 필요한 공간 데이터만을 점, 선, 다각형을 이용하여 마우스로 그려낸 다음 왕숙천 수계의 좌표값을 주었으며, 디지털화된 공간 데이터를 GEUS에서 인식할 수 있도록 데이터형 변환을 하였다. Fig. 2는 공간 데이터 구축이 완료된 왕숙천 유역의 전체 지도이다.

2. 속성 데이터 구축

GEUS 데이터베이스는 하나 이상의 클래스로



Fig. 2 Topographical map of Wangsuk stream region.

이루어져 있으며, 클래스는 하나 이상의 instance 로 이루어져 있다. 클래스 속성은 한 클래스에 하나의 클래스 속성이 저장되며, 하나의 instance에는 하나 이상의 일반 속성의 저장이 가능하다. 즉 신갈나무라는 하나의 instance로 이루어진 신갈나무 군락 클래스에서 신갈나무 군락 클래스의 클래스 속성은 도면 색상 정보에 해당되고, 일반 속성에는 토양, 지형, 해발 등의 환경 속성 데이터가 해당된다.

이 연구에서는 왕숙천 유역을 20개의 클래스로 구분하고, 각각의 군락 클래스를 형성하였다. 즉, 강제1지역, 강제2지역, 굴참나무, 신갈나무 등의 클래스를 형성하였고, 각각의 식물 군락과 하천을 쉽게 구분하기 위해서 클래스마다 고유한 색상(class attribute)을 입력하여 왕숙천 유역의 식생도를 작성하였다(Fig. 3). 또한 왕숙천의 물리·화학적 환경, 즉 수온, 유속, 고도, 하천 폭, 저수로 폭, 하상의 구성, 제방상태, 하천 둔치 현황 및 하천 유역 환경 등 하천의 도시화, 인공화 정보인 물리적 환경 데이터(Table 1)와 pH, DO, BOD₅, SS, TN,

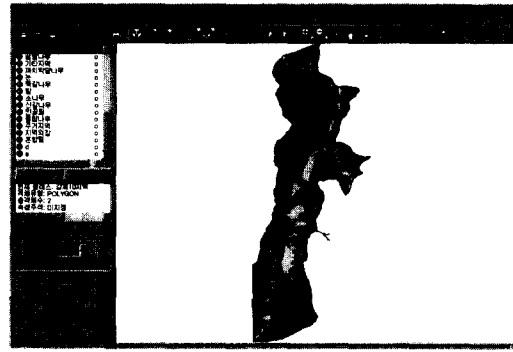


Fig. 3 Vegetation map in Wangsuk stream region.

TP 등의 하천 수질의 화학적 환경 데이터(Table 2), 저서성 대형무척추동물 군집의 우점종과 같은 하천 생물 지표(Table 3) 및 하천 유역의 식생 군락별 산림 정보에 관한 자료를 조사하여 각 클래스마다 속성 데이터를 구축하였다(Fig. 4).

Table 1. Physical environment at the study sites in Wangsuk stream, 1998.

Sites	Water temp. (°C)	Water velocity (cm/sec)	Altitude (m)	Stream width (m)	Water width (m)	Substrate*	Stream bank	Stream edge	Environment of stream region
1	13.0	13.40	300	2-5	0.5-0.8	B>C=S	natural	natural	forest
2	12.0	20.58	150	7-10	2-3	C>B=P	natural	natural	forest
3	17.0	18.32	90	8-10	7-8	B>C=P	natural	natural	forest
4	19.5	23.26	80	20-25	4-10	G>S=B	natural, stone	natural, paved road	forest
5	19.0	34.16	80	20-30	4-8	S>C=B	natural	natural	forest
6	19.0	23.90	70	30-40	5-10	B>C=S	natural	natural, paved road	forest, restaurant
7	19.7	35.94	65	20-25	5-10	P=C=B	natural, concret block	natural, country road	forest, waste land
8	17.2	28.09	60	90-100	10-15	S=G=P=C=B	concret block	paved road	housing land
9	17.0	42.76	55	80-100	7-15	S=G=P=C=B	concret block	paved & country road	housing land
10	13.0	85.34	50	40-50	10-20	P=C=B	natural	natural, country road	forest, housing land
11	16.0	48.38	50	70-85	10-30	C>B=P	natural, concret block	paved & country road	housing land, farmland
12	22.0	34.54	40	90-110	20-30	B>C=P	concret block	paved road, park	housing land, farmland
13	25.0	30.48	35	80-100	10-20	S=C=B	concret block	paved & country road	recreation ground, farmland
14	24.3	11.95	35	80-100	15-30	S	natural	country road	farmland
15	24.0	32.78	30	50-60	20-30	P>C=G	natural, concret block	paved & country road	farmland
16	23.0	64.92	30	80-100	10-15	B>C	natural	paved & country road	farmland
17	23.0	0.00	30	100-120	40-50	S>C	concret block	country road	housing land, farmland
18	18.0	19.46	25	100-120	10-20	S>G	natural	country road	farmland
19	19.5	38.51	20	100-120	10-20	C>P	natural	country road	farmland
20	19.5	40.22	20	120-150	35-40	S=C=B	concret block	parking zone	housing land, factory

Substrate*: S: sand, G: gravel, P: pebble, C: cobble, B: boulder.



Fig. 3 Vegetation map in Wangsuk stream region.

3. 사용자 인터페이스

본 연구에서는 손쉬운 사용자 인터페이스를 구현하기 위해서 식생 군락별로 색상을 입혔으며, 구축된 공간 데이터 상에서 사용자가 원하는 지점의 속성 정보를 손쉽게 볼 수 있도록 NT-Server상에서 GEUS를 이용하여 개발하였다. 또한 원하는 클래스만을 로드 할 수 있기 때문에 사용자가 원하는 지역의 정보를 가시적으로도 쉽게 접할 수 있

Table 2. Chemical environment at the study sites in Wangsuk stream, 1998.

Sites	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	Cond. (mS/m)	SS (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
1	7.1	9.6	0.8	0.26	0.6	0.6	0.30
2	7.0	9.1	0.9	0.25	0.6	0.6	0.17
3	6.9	7.2	4.3	3.49	67.0	1.5	1.43
4	7.9	7.7	2.2	1.57	13.2	1.0	0.58
5	7.9	7.6	2.8	1.29	6.8	1.0	0.66
6	7.8	7.5	3.0	1.17	8.4	1.2	0.30
7	7.5	7.6	3.1	2.18	10.4	1.2	0.43
8	7.3	5.1	4.4	3.55	65.0	1.5	0.04
9	7.4	5.8	3.8	2.02	5.0	1.0	0.22
10	7.3	5.2	3.8	2.20	3.8	1.4	0.35
11	7.2	6.2	3.6	2.25	4.6	1.2	0.32
12	7.5	4.2	4.6	4.27	70.5	1.5	1.00
13	7.7	6.4	3.6	2.24	7.2	1.2	0.97
14	7.2	6.6	3.6	2.27	6.8	1.2	0.30
15	7.6	6.2	3.4	2.28	4.2	1.0	0.35
16	7.6	5.8	3.6	2.00	7.2	1.0	1.10
17	7.6	6.0	3.8	2.60	11.2	1.2	0.53
18	7.8	5.2	4.0	2.80	32.6	2.0	0.58
19	7.3	5.6	3.5	2.32	7.0	1.4	0.61
20	7.6	5.8	3.8	2.32	9.2	1.4	1.02

Table 3. Dominant species of benthic macro-invertebrates community at the study sites in Wangsuk stream, 1998.

Sites	Dominant species
1	Baetis KUa
2	Baetis KUa
3	Chironominae sp.1
4	Uracanthhella rufa
5	Chironominae sp.2
6	Chironominae sp.2
7	Baetis KUa
8	Chironominae sp.1
9	Baetis KUa
10	Baetis KUa
11	Chironominae sp.1
12	Limnodrilus socialis
13	Chironominae sp.6
14	Chironominae sp.1
15	Chironominae sp.1
16	Chironominae sp.1
17	Chironominae sp.6
18	Limnodrilus socialis
19	Chironominae sp.1
20	Chironominae sp.1



Fig. 5. Search of stream ecosystem information in Wangsuk stream region.

으며, 마우스로 원하는 지역의 확대, 축소가 가능하므로 좀더 자세한 그래픽 정보를 사용자는 손쉽(attribute)을 입력하여 왕숙천 유역의 식생도를 작게 얻을 수 있다. 또한 하천의 20개 지점 중에서 어느 한 지역을 클릭하게 되면 하천의 각 조사지점의 물리·화학적 환경 및 생물지표를 모니터 상으로 볼 수 있으며, 식생 군락도 하천에서와 마찬가지로 어느 한 군락을 클릭하게 되면 우점 식생

군락 및 이와 관련된 환경 정보를 모니터 상에서 볼 수 있다(Fig. 5).

IV. 결론 및 전망

본 연구에서는 자료들이 독립적으로 존재하고 연계적으로 활용되지 못하고 있는 자료의 데이터베이스화를 통한 자연자원의 효율적인 관리를 위한 종합 환경 관리 시스템을 개발하였다. 특히 교통정보처리 및 지하매설물 관리에 집중되어 있는 지리정보시스템의 연구를, 하천 유역의 생태학적 자료들을 종합적으로 관리하는 연구에 적용하였으므로 이를 토대로 국토의 체계적인 개발에 관련되는 여러 분야에 적용되어 앞으로 자연 생태계 관리 및 복원 등의 연구에 많은 파급 효과가 있을 것으로 여겨진다.

앞으로 하천 유역의 이미지와 비디오 자료 등 다양한 멀티미디어 자료의 데이터베이스화 및 지도화, 다양한 질의어를 처리할 수 있는 사용자 인터페이스의 개발이 이루어진다면 보다 효율적으로 자연 생태계를 관리할 수 있는 종합 생태계 관리 시스템이 될 것이다. 또한 미국 자연보전국(NBS)에서 생물다양성 보전 및 생태계 관리를 위한 계획 수립시 지리적 공간 분석 측면에서 접근한 방식인 GAP(geographic approach to planning for biological diversity) analysis로의 접근을 통하여 생물다양성 보전 및 생태계 관리를 위해 미리 사전에 대처해 나아갈 수 있으며, 모든 생태계와 생물다양성이 풍부한 지역들이 생태계 관리와 계획시에 정확히 반영되도록 하며, 고유 토착 야생동물과 토지 피복에 대한 지역적 보존상태를 평가하여 그에 따른 생물다양성을 유지하기 위해 가장 효율적인 토지관리 행위를 도출해낼 수 있다⁹⁾. 이 분석 방법의 가장 중요한 특징 중의 하나는 여러 가지 다른 목적들을 위해 기존에 구축된 자료를 활용하는 자료의 유용성에 있다¹⁰⁾. 더 나아가서 이 자료는 생태계의 종합정보체계를 구축하는 데 그 근간 자료로 이용될 수 있다^{1,2)}.

V. 감사의 글

본 연구는 한국과학기술기획평가원(KISTEP)의

연구비 지원(과제번호 98-N6-03-01-A-11)으로 수행되었으며, (주)KT-DATA에서 지리정보시스템 개발 도구인 GEUS 시스템을 무상으로 제공하여 주셨습니다. 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참고 문헌

1. 홍성학 : GAP Analysis 기법을 이용한 중소하천 어류 다양성 예측, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 98pp. 1998.
2. Park, Chong-Hwa and Sung-Hak Hong : Estimation of fish species diversity of small and medium rivers of Korea with fish species-habitat relationship models of GAP, The Journal of Geographic Information System Association of Korea, 6(1), 91-102, 1998.
3. Sousa, W. P. : The role of disturbance in natural communities, Ann. Rev. Ecol. Syst. 15 ; 353-391, 1984.
4. Resh, V. H., A. V. Brown, A. P. Covich, M. E. Gurtz, H. W. Li, G. W. Minshall, S. R. Reice, A. L. Sheldon, J. B. Wallace and R. C. Wissman, : The role of disturbance instream ecology, J. N. Am. Benthol. Soc. 7: 433-455, 1988.
5. 윤일병, 배연재, 이현철, 이상조 : 서울 근교 왕숙천의 유역 환경변화에 따른 수서곤충 군집의 장기변동, 한국환경생물학회지, 11(2): 97-109, 1993.
6. 임기홍, 홍사욱 : 동기의 광릉천의 육수학적 연구. 한국식물학회지, 7: 15-19, 1964.
7. 김재원 : 광릉 계류의 수서곤충 현존량, 한국육수학회지, 1: 51-54, 1968.
8. 배연재, 박선영, 윤일병, 박재홍, 배경석 : 왕숙천 준설구간의 저서성 대형무척추동물 군집변동, 한국육수학회지, 29(4), 251-261, 1996.
9. Scott, J. M., B. Csuti, J. D. Jacobi, and J. E. Esters : Species richness : a geographic approach to protecting future biological diversity, Bioscience, 37: 782-788, 1987.
10. Meixler, M. S., M. B. Bain, and G. H. Galbreath : Aquatic gap analysis: Tool for watershed scale assessment of fluvial habitats and biodiversity, 1996