

## 객체지향 지리 데이터 모델에 의한 지하수의 오염취약성 분석을 위한 관리시스템 구현

이홍로<sup>1\*</sup>

### Implementation of Management System for Contamination Vulnerability Calibration of the Ground Water by an Object-oriented Geographic Data Model

Hong-Ro LEE<sup>1\*</sup>

#### 요 약

이 논문은 객체지향 데이터 모델을 이용하여 지하수 오염 취약성 평가를 위한 시스템을 설계·구현하는 것이다. 응용 지리영역에서 지형지물을 추출하여 지리-객체로 규정하고, 관정으로부터 추출된 화학적 요소들로부터 지리-필드를 규정한다. 또한 이 지리-객체와 지리-필드 사이의 위상 관계를 보여주기 위해서 토지 이용도와 지하수에 표현된 화학 성분에 등급과 가중치를 부여한다. 지형 클래스, 행정 경계 클래스, 토지 이용 클래스와 관정 클래스는 관정 객체들 사이에 공간 관계성을 가지는 클래스합성계층구조를 이루며, 이 클래스 계층구조는 편리한 오염취약성 평가를 위한 기반이 된다. 이 연구를 통해 구현된 지하수 오염 취약성 평가를 위한 효율적인 관리시스템은 다른 자연환경의 오염 취약성 평가에도 기여할 수 있다.

주요어: 객체지향, 지리-필드, 지리-객체, 지하수, 오염취약성, 관정, 클래스합성계층구조

#### ABSTRACT

This paper designs and implements the management system that can calibrate the contamination vulnerability of the ground water, using an object oriented data model. Geographic-objects are specified by features extracted from an applicable geographic domain, and geographic-fields are defined by chemical factors extracted from each driven water. To show the topological relationships among the geographic-objects and the geographic-fields, this paper attach the weight and the ratio of

---

2003년 4월 5일 접수 Received on April 5, 2003 / 2003년 6월 20일 심사완료 Accepted on June 20, 2003

<sup>1</sup> 군산대학교 컴퓨터정보과학과 Department of Computer Information Science, Kunsan National University

\* 연락처 E-mail: leehongro@kunsan.ac.kr

the drastic model to chemical factors represented on the land use digital map and the ground water digital map. The geographic feature class, administrative boundary class, land use class and driven water class consist of a class composition hierarchy for evaluating the convenient contamination vulnerability calibration with spatial relationships among the well objects. Therefore, this management system for evaluating the contamination vulnerability can also contribute to the application of other natural environments.

**KEYWORDS:** *Object-Oriented, Geographic-Object, Geographic-Field, Ground Water, Contamination Vulnerability, Driven Water, Class Composition Hierarchy*

## 서 론

군산 인근지역은 바다가 인접해 있으며, 농업이 주요 산업으로서 물이 필수적인 요소가 된다. 따라서 갈수기의 물 부족 현상을 제거하기 위해서 지하수 관정은 반드시 필요하고 관정 수질의 평가는 지하수의 활용 용도를 결정한다. 이러한 이유로 지하수 수질의 평가와 관리가 필요하다. 지하수 수질의 오염 취약성 평가 결과는 관정의 폐쇄나 관리상의 주의 등을 기울이기 위한 것이 요구를 결정하는데 기여하며 지하수 관정의 지리적 위치와 토지 이용도에 따른 취약성 정도의 평가로 결과에 따라서 토지이용의 전환을 고려할 수 있도록 할 수 있다. 오염원의 구분, 모니터링과 원상복구가 어려운 지하수 수질은 상대적 오염 취약성으로 분석 평가하는 것이 필요하다. 오염 취약성에 따른 관정 관리 시스템은 지리-공간상의 지리 객체들 사이의 관계성을 통해서 오염원과 수질 성분의 모니터링에 기여할 것이다.

지리정보시스템은 다양한 지리정보를 구축, 유지관리, 편집, 분석, 처리, 디스플레이 및 출력 등의 과정을 통하여 공간 정보를 얻는 동시에 이 공간정보를 이용하여 필요한 의사결정을 내리는 도구이다. 오염 취약성 평가라는 주제(theme)를 강조하여 표현한 지도는 환경오염 분야에서 다양하게 활용할 수 있는 정보이다. 공간상의 자료를 응용하는 분야는 새만금 간척 지역 및 인근 지역에서 발생하는 환경오염, 식생 및 토지이용 등에 적합하다(이사

로와 최순학, 1997; 수자원공사, 2003).

공간 정보는 공간상에 존재하는 객체와 이 객체들 사이에 관계성을 표현하는데 필요한 자료로써 기하학적 위치, 형태 및 위상 등을 나타내는 도형 정보(graphic information)와 이 공간 정보의 특징을 문자나 수치로 기술하는 정보(descriptive information)를 사용하고 있다. 이 도형정보는 지형지물(feature)의 위치와 형태를 표현한 것으로, 이 지형지물은 응용하고자 하는 주제에 따라 다르게 표현될 수 있다. 지형지물에 관계없이 지도상에 표현되지 않는 객체는 비지리-객체이다. 예로, “전라북도 군산지역에 대한 환경오염실태”라는 지리현상을 주제로 가지고 이에 상응하는 도형자료를 지도로 나타내고, 환경오염실태라는 지리현상에 연관된 지역주민, 대학교수, 학생 및 환경운동가 등은 숫자나 문자로 표현되는 것을 비지리-객체라고 한다.

지리 현상의 표현 대상인 지리-객체는 크고 복잡한 지리적 형상들을 단순화하여 실세계의 개체 특성을 객체의 속성과 객체 사이의 관계를 규정하여 추상화한 것으로 공간상에 유일하게 독립적으로 존재하는 것이다(Camara, 1995; 이홍로, 2001).

본 논문의 구현 대상인 지하수 오염 취약성의 평가를 위한 지리-객체는 ‘전라북도 군산지역’에서 지하수 관정을 선택하였다. 지하수 관정의 기하학적 형태는 점(point)이 되며, ZEUS(한국통신데이터(주), 2000)의 공간 클래스의 기본 자료형인 C\_point로부터 상속받아

이용하고, 지하수 관정은 지형 클래스와 행정 경계 클래스 및 경작지 클래스 사이의 위상(topology) 관계성 연산을 위한 메소드로 구성한다. 그리고 지하수 관정의 수질 평가를 위해서 채취한 원수의 측정 성분은 염도, Cl, Na, SO<sub>4</sub> 및 NO<sub>3</sub> 로하고, 그 결과는 지하수에 포함되어 균일하게 연속적으로 지하에 분포하므로 지리-필드가 된다. 이 공간 종속 속성(spatial dependent attribute)인 지리-필드의 각각의 성분은 ZEUS의 공간 클래스 기본 자료형인 C\_polygon으로부터 상속받아 사용한다. 이를 위한 오염 취약성 클래스계층구조는 UML(Booch 등, 1999)을 이용하여 설계하고자 한다. 지리 필드의 요소들 중에서 지하수 오염 취약성 평가를 위해서 관정의 깊이만 Drastic 시스템 모델(Aller 등, 1987)에 적용하고, 화학적 요소들에 상대적인 등급과 가중치를 부여하여 평가 지수 값을 구하는 모델을 제시하고자 한다.

그래서 군산지역 지하수 오염 취약지역의 위치, 관정 깊이와 화학적 요소를 측정한 후 지도상에 표시하는 관리시스템을 구현하는 것이다. 세부적으로 오염 취약성 지리영역을 비 지리-객체와 지리-객체로 나누고, 이에 대응하는 오염취약성 평가를 위한 지형도, 경작도, 행정경계와 관정위치를 표시한 관정지도를 공간클래스계층구조로 설계하고자 한다. 또한 지리-객체의 공간 종속속성인 지리-필드를 이에 대응하는 지하수오염 취약성 평가를 위한 관정의 깊이, 관정에서 측정된 Na, Cl, NO<sub>3</sub>와 SO<sub>4</sub>에 등급과 가중치를 주어 평가 지수 값을 구하여 오염 취약지를 편리하게 구별할 수 있는 관리시스템 인터페이스를 구현함으로써 분석상의 효율성을 높이는데 기여하고자 한다.

Borges 등(1999)은 지리-객체와 지리-필드의 자료형을 GUI 표현방법인 기호를 사용하였고, 지리-필드의 연산 규칙과 공간 사이의 관계를 위한 규칙을 단순 결합화, 공간 관계성, 그리고 망 관계성으로 구분하여 표현하였다.

복합 지리-객체와 성분 지리-사이의 집단화 관계성을 분리, 포함, 통합의미로 분류하였다. Filho와 Lochpe(1999)는 실세계의 지리, 지형 영역의 응용하고자 하는 주제에 따라 비지리-객체와 지리-현상으로 구분하고, 다시 지리-현상을 지리-객체와 지리-필드로 세분하여 표현하였다. Camara(1995)는 지리-객체와 지리-필드의 기하 속성을 위치 관점에서 다루었다. 이사로와 최순학(1997)은 전남영광지역의 지하수 수질오염 측정을 Drastic 시스템 모델링 도구를 이용하여 데이터베이스를 구축하였다. 위와 관련된 객체지향 모델들과 지리모델들을 이용하여 지리-객체를 규정하고, 이 규정된 모델을 바탕으로 제시한 평가 모델에 적용하여 오염 취약성 평가를 내릴 수 있는 관리시스템을 구현하고자 한다.

본 논문은 지하수 오염 취약성의 지리적 평가를 위하여 객체 지향 공간 지리 클래스 구조를 설계하고, ZEUS/COM에서 공간 데이터 타입을 상속 받고, ZEUS의 공간 데이터베이스 서버에 오염취약성지도를 구축하고자 한다. 오염 취약성 평가 모델에 의한 결과는 지리-필드 기반의 주제도로 작성하고, Win32 API의 Visual 6.0에 의해 구현된 인터페이스를 통하여 확인하고자 한다. 이에 대한 절차는 다음과 같다.

- ① 이론적 방법론에 의한 객체지향 공간 데이터 모델의 적용이 필요하고,
- ② ZEUS시스템과 지하수 오염 취약성 평가 모델의 접목을 통하여,
- ③ 오염취약성관리시스템의 구현에 대한 기능 활용을 제시하고자 한다.

기존에 본인이 제시한 객체지향 공간 데이터모델(이홍로, 2001)은 이론적 방법론에 불과하지만, ZEUS시스템(한국통신데이터(주), 2000)과 제시한 평가 모델을 이용하여 오염취약성관리시스템을 구현하고자 한다.

객체지향 지리 데이터 모델을 바탕으로 오

염취약성 평가 모델을 제시하고, 데이터베이스를 구축하기 위해 ZEUS 공간데이터베이스관리시스템을 이용하며, Visual Basic 6.0을 이용하여 가시적 효과를 높이기 위한 사용자인터페이스를 구현하고자 한다.

그러나 더욱 세밀한 평가를 내릴 수 있는 지리-필드가 필요하며, 가시적 효과를 극대화할 수 있는 래스터(raster)형 데이터베이스를 구축하지 못하였고, 더욱 정확한 오염취약성 평가를 위한 알고리즘을 개발하지 못하였다.

이 논문은 객체지향 지리데이터 모델의 구성, 오염 취약성 평가를 위한 객체지향 지하수관정 클래스 데이터베이스의 설계, 지하수의 오염 취약성 평가를 위한 관리시스템 인터페이스의 구현을 통해 결론을 도출하고 향후 연구에 대한 토의로 구성된다.

## 객체지향 지리 데이터 모델

본 논문은 객체 지향 모델을 기반으로 상태와 메소드로 구성된 객체가 여러 객체의 성분이 되는 복합 객체와 조상을 갖는 상속관계의 모델을 지원한다(Beeri, 1989). 또한 실세계에 존재하는 지리 현상을 객체 지향 모델에 기반하여 공간 데이터 모델링을 한다. 그리고 비공간 정보를 비지리-객체로 규정하고, 지리 정보를 지리-객체로 규정하여 모델링한다(Camara, 1995; 이흥로, 2001).

공간 객체 클래스는 공간 객체 사이의 기하학적 관계와 공간 속성-영역을 참조하는 공간 집단화, 공간 연관화 관계가 있으며, 비공간-객체 관계성이 존재한다(Hadzilacos와 Tryfona, 1997; 이흥로, 2001).

### 1. 비공간 객체

객체지향 모델은 객체 식별자, 메소드, 클래스, 관계성에 대응하는 집단화와 결합화를 클래스 계층 구조로 기술한다. 비공간 객체의 속성은 기술 속성으로써 이 속성들의 정의역에

대한 값의 집합에 대응하는 객체의 기본 데이터 타입은 integer, real, string 및 bool 등이다. 비공간 클래스 추상자료형인 비지리 클래스는 비공간 기본 자료형에 대한 정의역 전체 집합을 갖는다. 비공간 객체 지향 데이터 모델에서 일반화, 연관화와 집단화에 의한 비공간 클래스들간의 의미에 따라 속성-영역을 형성하는 클래스 계층 구조가 정해진다. 이 클래스 계층구조에 대한 기술은 UML을 이용하여 설계하면 그림 1과 같다.

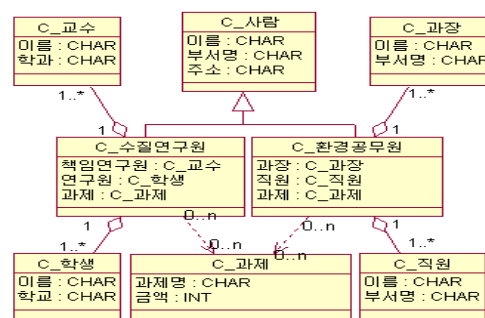


FIGURE 1. Nongeographic-object class hierarchy

그림 1에서 '전라북도 군산지역 수질 오염 취약성 평가에 대한 연구'라는 과제를 수행하는 객체 지향 비지리-객체를 위한 데이터베이스를 구축한다고 가정하자. 그러면 이를 위한 클래스계층구조는 각각의 클래스를 가진다. 이 클래스들은 C\_사람, C\_수질연구원, C\_환경공무원, C\_교수, C\_학생, C\_과장, C\_직원, 그리고 C\_과제이다. C\_사람 클래스는 추상클래스를 나타내고, 이에 대한 속성은 이름, 부서명과 주소이다. C\_수질연구원 클래스와 C\_환경공무원 클래스는 C\_사람 클래스로부터 일반화관계에 의해서 이름, 부서명과 주소 속성을 상속받는다. C\_수질연구원클래스는 C\_교수 클래스와 C\_학생 클래스 사이에 집단화관계를 이루며, 각각 1:1과 1:N의 다중성(multiplicity)을 가진다. 또한 C\_수질연구원클래스는 C\_과제 클래스 사이에 연관화관계를 이루며, M:N

의 다중성을 가진다. C\_환경공무원클래스는 C\_과장 클래스와 C\_직원 클래스 사이에 집단화관계를 이루며, 각각 1:1과 1:N의 다중성을 가진다. 또한 C\_환경공무원클래스는 C\_과제 클래스 사이에 연관화관계를 이루며, M:N의 다중성을 가진다.

## 2. 공간 객체

공간 객체는 공간상에 독립적으로 유일하게 존재하는 지리-객체와 공간상에 균일하게 연속적으로 분포하고 있는 지리-필드로 구분된다. 이 논문에서 지리-필드는 지리-객체의 공간 종속 속성으로 규정하여 오염측정 자료로 이용하고자 하며, 이에 대한 기술은 아래와 같다.

### 1) 지리-객체

지리-객체는 지구 표면의 어느 영역에서 독립적으로 존재하는 객체를 의미한다. 객체지향 공간 객체 모델을 지원하는 ZEUS의 기본 자료형은 C\_point, C\_simpleline, C\_polyline과 C\_polygon 등을 가지는데, 이에 대한 공간 클래스 계층구조는 UML을 이용하여 설계하면, 그림 2와 같다.

공간상의 지구 표면에서 지리정보시스템의 자료로 만들기 위해서 지리-객체를 규정하기에 앞서 응용하고자하는 지형과 지질의 지역

적 범위로서 지리 영역을 정의한다.

수질 오염 취약성을 위한 전라북도 군산지역을 응용분야로 하여 지리관리시스템을 구축하고자 할 때 지표상의 지역이 지리영역 *GR*이 되면, 구획화된 각 세부지역인 오염지역, 비오염지역, 도시지역, 공업지역, 농업지역 및 지하수 시설 등이 *GR1*, ..., *GRn*이 된다. 그래서 전라북도 군산지역 *GR*은 세부지역들 {*GR1*, ..., *GRn*}로 구성된다. 이 지리영역에서 축척, 해상도와 도량형에 따라 공간 개체의 속성과 공간 개체 사이의 관계성의 한계가 결정된다. 이 지리영역의 특성은 지리공간 데이터를 구체적으로 모델링할 것인가 아니면 간단하게 모델링할 것인가에 의해서 지대한 영향을 받는다.

이 공간영역에서 개별적으로 존재하는 자연지형이나 인공지물을 지리-객체라 한다 (Camara, 1995). 예를 들어, 지하 관정 측정을 위한 군산이라는 지리영역에서 지리-객체는 오염지역, 비오염지역, 도시지역, 공업지역, 농업지역 및 지하수 시설 등이 된다. 이에 대한 지리-객체는 다음과 같이 정의할 수 있다.

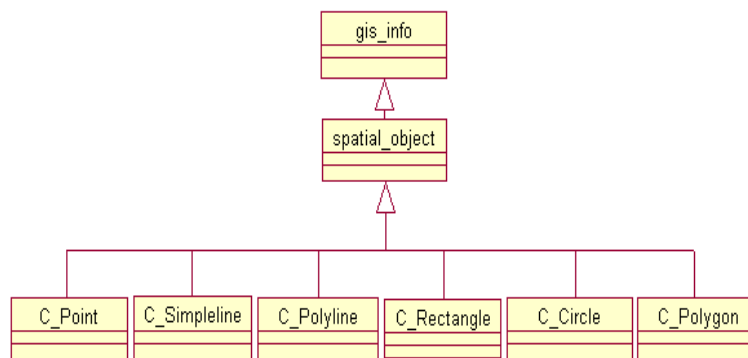


FIGURE 2. Spatial class hierarchy of ZEUS

# 【정의 1】 지리-객체

■  $GO = \langle go\_oid, V, M, shape, R \rangle$

지리-객체 GO에서 oid는 객체식별자를 나타내고, V는 속성들의 값들이며, M은 객체들의 메소드이며, shape는 지리객체의 기하형태를 나타내는 기하 속성으로 이에 대한 자료형은 ZEUS의 공간 기준 자료형 C\_point, C\_line 및 C\_polygon 등을 이용한다. R은 지리-객체와 지리-객체 사이의 관계성을 나타내는 것으로 위상관계, 거리관계와 방향관계로 구성되며, 이 이외의 공간 관계는 공간 일반화, 공간집단화, 그리고 공간결합화로 구분하여 사용한다.

위의 정의 1에서 공간관계성을 세부적으로 고찰하면, 공간 관계성에 따라 속성-영역을 형성하기 위한 클래스 구조는 연속적인 변형(continuous deformation) 하에서 변화하지 않는 기하학적 형태(geometric figures)의 속성을 위상 속성이라 하고, 변화하는 속성은 측정(metrics) 속성이라 한다. 그래서 지리-객체와 지리-객체 사이의 관계를 나타내고 있는 관계 클래스는 공간 관계의 의미에

따라 위상 특성에 의한 위상관계, 측정에 의한 방향관계와 거리관계로 구분된다. 이 이외의 공간 관계는 비지리-객체의 관계 의미인 공간 일반화, 공간집단화, 그리고 공간결합화로 구분하여 사용한다. 이를 구체적으로 기술하면, 지리-객체 사이의 위상 관계는 disjoint, cross, intersect, inside 및 equal 등이다. 지리 객체들 사이의 거리 관계는 distance와 perimeter이다. 또한, 방향 관계는 north, south, east, west, up, down, left 및 right 등이다. 이 이외의 공간 관계성은 일반화, 집단화와 연관화에 의한 관계성을 이용한다(이흥로, 2001).

공간 관계성 입장에서 ‘지하수 관정’이라는 지리-객체가 ‘행정경계(군산시 대야면)’라는 지리-객체에 지리적으로 포함되는 위상관계성을 형성하고, 또한 이 관정-객체는 지형(주곡선)-객체에 인접할 수도 있다. 경작지-객체는 어느 지형-객체를 횡단할 수도 있으며, 어느 행정경계-객체에 포함된다. 이 지리-객체에 대한 공간 관계성을 위한 모델을 UML을 이용하여 설계하면, 그림 3과 같다.

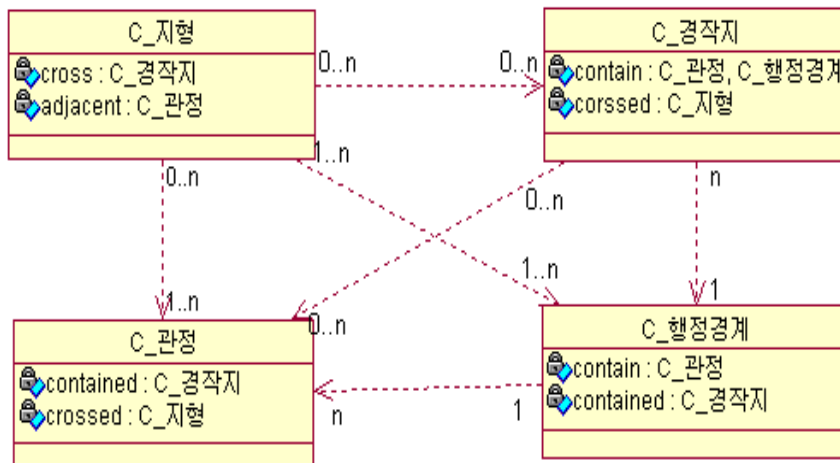


FIGURE 3. Geographic-object class hierarchy considered spatial relationship

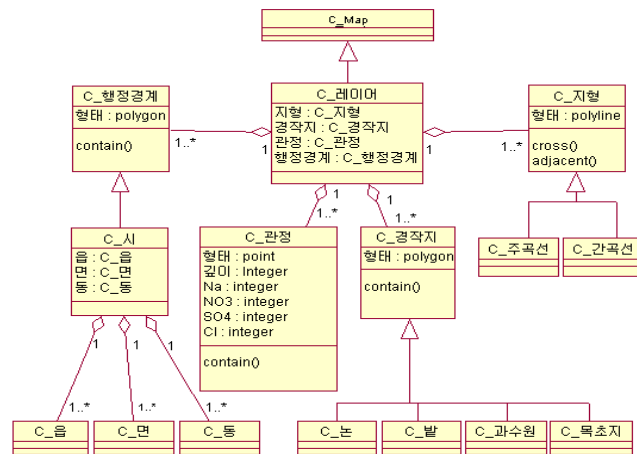


FIGURE 4. Class composition hierarchy for evaluating contamination vulnerability

## 오염 취약성 평가를 위한 객체지향 공간 데이터베이스 설계

### 1. 지하수 관정 클래스 계층

“전라북도 군산 지역”이라는 지리영역에서 지리-객체는 관정, 지형 및 경작지 등이다. 연속적으로 균일하게 분포되어 있는 공간중속속성인 지리-필드는 수질 환경 오염도, 염도, Cl, Na, SO<sub>4</sub> 및 NO<sub>3</sub> 등이다. 또한 그림 1에서 기술한 오염 취약성 평가를 연구하고, 감독하며, 그리고 관리하는 환경관련 공무원, 대학 교수, 지역주민 및 환경운동가 등은 비지리-객체이다. 이를 위한 지리-객체 클래스 계층구조는 UML을 이용하여 설계하면, 그림 4와 같다.

그림 4를 분석하여 보면, 종합적인 추상클래스는 C\_Map이고, C\_레이어 클래스는 C\_Map으로부터 상속을 받으며, 합성 클래스에 해당하는 C\_레이어의 성분 클래스들은 C\_행정경계 클래스, C\_지형클래스, C\_경작지 클래스와 C\_지형클래스이다. 이 성분 클래스들은 세부적으로 상속받는 클래스를 가진다. 또한 이 클래스들의 기하 형태 속성은 ZEUS에서 제공하는 공간 자료형을 이용한다.

세부적으로 관정 클래스(C\_관정)는 관정의 위치, 깊이, 그리고 관측된 지하수에 대한 화학적 정보를 포함하고 있다. 이 관정 클래스에 대한 기하 형태의 자료형은 점(point) 속성을 가진다. 경작지 클래스(C\_경작지)는 논, 밭, 과수원과 목초지로 이루어진다. 이 경작지 클래스에 대한 기하 형태의 자료형은 다각형(polygon) 속성을 가진다. 행정경계 클래스(C\_행정경계)는 군산지역의 읍,면,동의 경계를 나타내기 위한 것이다. 이 행정 경계 클래스에 대한 기하 형태의 자료형은 다각형 속성을 가진다.

### 2. 지하수 관정에서 추출한 지리-필드 분석

지하수에 포함된 공간 중속 속성 값은 균일하게 연속적으로 지하에 분포하므로 지리-필드가 된다. 이 지리-필드의 공간 자료의 타입은 ZEUS의 공간 클래스 기본 자료형인 C\_polygon으로부터 상속받아 사용한다.

지하수 관정 클래스의 공간 중속 속성 자료로 수질 선택하였다. 지하수 관정의 수질은 2002년 8월에 군산 지역에 있는 47개소에서 화학적인 성분을 포함하여 25가지의 공간 중속 속성을 채워하여 측정하였다. 그러나 이

TABLE 1. Parameters estimated from driven waters

일련번호	필드번호	일자	위도/경도	관정깊이 (cm)	Cl (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Na (mg/l)
KS-4	JS-4	2002-08-18	E126 51 45.9 / N35 58 57.5	3600	43.8	31.1	8.67	20.1
KS-6	JS-6	2002-08-18	E126 52 06.4 / N35 59 10.7	2252.6	18.7	38.0	2.35	13.5
KS-7	JS-7	2002-08-18	E126 52 20.6 / N35 59 25.2	1400	42.1	68.0	10.3	24.2
KS-8	JS-8	2002-08-18	E126 47 14.9 / N35 58 22.6	20000	28.7	63.7	6.21	22.2
KS-9	JS-9	2002-08-18	E126 47 42.9 / N35 57 54.0	20000	65.8	64.8	8.12	25.1
KS-11	JS-11	2002-08-18	E126 47 07.1 / N35 58 19.8	20000	157	24.9	21.1	96.4
KS-14	JS-14	2002-08-18	E126 47 19.4 / N35 59 54.6	3000	22.3	37.0	13.9	18.2
KS-18	JS-18	2002-08-18	E126 49 41.8 / N36 00 01.8	20000	74.1	15.1	17.2	40.0
KS-22	JS-22	2002-08-18	E126 51 28.2 / N35 58 02.4	10700	7.67	2.32	1.14	4.55
KS-24	JS-24	2002-08-18	E126 51 16.7 / N35 57 21.4	3000	16.4	14.8	4.96	9.35
KS-29	SM-4	2002-08-18	E126 49 53.1 / N35 58 24.6	2000	18.5	17.5	3.02	12.8
KS-32	SM-8	2002-08-18	E126 51 46.2 / N35 57 21.6	1000	24.0	14.8	2.34	11.2
KS-38	SM-14	2002-08-18	E126 50 19.2 / N35 57 43.0	900	16.4	19.4	2.04	11.6
KS-40	SM-16	2002-08-18	E126 49 58.8 / N35 57 31.2	650	11.0	33.5	28.2	18.9

<Kangjoo kim(2003) Field data, Dept. of civil and Environmental Eng, Kunsan Nat'l Univ. >

논문에서는 간략히 6가지의 공간중속 속성(관정의 위치, 깊이, Na, Cl, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>)만 평가 자료로 선정하였다. 이 측정 자료는 표 1과 같다.

#### 1) 지리-필드 값의 범위 및 등급

지리 필드의 각 요소들의 등급은 수질 오염의 등급으로 구분하여 작성된 주제도가 된다. 각 단계별 범위는 각 성분의 측정값을 다음의 절차를 통해 구할 수 있다.

#### ■ 측정 자료를 표로 작성

본 연구를 위하여 측정된 지하수 깊이, Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>와 Na에 대한 값을 확인할 수 있다. 등급의 구분이 필요한 이유는 측정 자료의 데이터 변화구간이 다양하게 분포되어 있기 때문이다. 이 공간 중속 속성 자료가 다양하게 분포하여 지리-필드 값들을 정해진 등급에 따라 분류시킴으로써 분석을 용이하게 할 수 있다.

#### ■ 수질 오염의 정도를 범위와 등급에 따라 정함

수질오염의 정도를 범위와 등급에 따라 규정하기 위해서 우리나라는 수질 환경의 기준에 따라서 3단계로 분류하여 각각의 화학성분의 등급을 결정하였다(수자원공사, 2003). 그러나 이 논문에서는 지하수 관정 측정 자료를

이용하여 지리-필드들의 범위 및 등급을 규정할 때 등급과 가중치에 따라 다르게 나타날 수 있도록 구현하고자 하며, 이렇게 임의로 정한 등급과 가중치에 따라 표 2와 같이 오염 취약성 평가 기준으로 분류할 수 있다.

TABLE 2. Criteria for evaluating contamination vulnerability

필드	필드값	등급	가중치
Cl(mg/l)	0.00	1.00	1
	18.46	2.00	
	30.86	3.00	
	61.02	4.00	
	98.92	5.00	
SO <sub>4</sub> (mg/l)	0.00	1.0	2
	3.17	2.0	
	7.72	3.0	
	13.06	4.0	
	20.89	5.0	
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0.00	1.0	3
	8.92	2.0	
	19.40	3.0	
	37.05	4.0	
	63.69	5.0	
Na(mg/l)	0.00	1.0	4
	13.24	2.0	
	18.77	3.0	
	27.87	4.0	
	48.31	5.0	
깊이(cm)	0.00	1.0	5
	571.00	2.0	
	1200.00	3.0	
	2400.00	4.0	
	10700.00	5.0	



## 2) 지하수 오염 취약성 평가

오염 취약성의 상대적 평가를 위해서 1987년 미국 EPA에서 개발한 Drastic 모델의 관정의 깊이만 고려하고, 충진율, 대수층 매체, 토양매체와 지형경사는 제외시켰다. 이 요소들(충진율, 대수층 매체, 토양매체와 지형경사)을 고려치 않은 대신에 Na, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>와 Cl을 적용 한다. 이 적용된 평가지수는 같은 절차를 거쳐서 구할 수 있다.

### ■ 오염 취약성 평가 모델 적용

지하수 오염 취약성 평가를 위하여 제시한 평가 모델을 이용하고 이 모델에 의한 오염 취약성 영향을 평가 한다.

### ■ 측정 자료를 데이터베이스에 저장, 등급과 가중치 부여

표 1과 같이 측정된 공간 중속 속성 지리-필드 자료는 데이터베이스에 저장된다. 이 저장된 자료는 표 2와 같이 구분되고 가중치가 부여 되어 평가 분석 자료로 이용된다. 앞의 표 1과 표 2에 보여진 것처럼 연구에 적용할 수 있는 자료를 집하고, 이를 토대로 데이터베이스를 구축한 다음 여기에서 평가 분석에 필요한 수리지질학적 요인들을 추출하여 실시한다.

### ■ 평가 지수 수식 규정

지하수 오염에 대한 취약성에 대한 상대적인 정도를 나타내는 평가 지수는 다음과 같은 식을 이용하여 구한다.

$$\text{평가지수} = D_r D_w + Cl_r Cl_w + NO_{3r} NO_{3w} + SO_{4r} SO_{4w} + Na_r Na_w \quad (1)$$

위의 식 (1)에서 밑첨자 r은 등급(rate)이고, w는 가중치(weight)를 나타낸다. 또한 D<sub>r</sub>와 D<sub>w</sub>는 지하수위 깊이의 등급과 가중치이고, Cl<sub>r</sub>와 Cl<sub>w</sub>는 Cl의 등급과 가중치이며, NO<sub>3r</sub>와 NO<sub>3w</sub>는 NO<sub>3</sub>의 등급과 가중치이며, SO<sub>4r</sub>와 SO<sub>4w</sub>는 SO<sub>4</sub>의 등급과 가중치이며, Na<sub>r</sub>와 Na<sub>w</sub>는 Na의 등급과 가중치이다.

### ■ 제안한 평가 지수에 의한 상대적 평가 지수 값 결정

위 식 (1)에 의한 평가지수 시스템의 분석 결과의 오염 취약성 지수는 최소구간이 4.80, 최대구간이 14.2였다. 평가 지수에 해당하는 값은 표 3과 같다.

표 3에 의해서 이에 대한 수리지질학적 지리-필드들을 각각 C\_polygon 공간 자료형을 이용하여 주제적 특성을 갖는 레이어로 구성하고, 오염 평가 지수 분포를 각 지리필드 레이어와 중첩시켜 분석이 필요하다. 이렇게 하

TABLE 3. Distribution of evaluating index

연번	관정깊이 (cm)	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	평가지수	비고
		2차	2차	2차	2차		오염취약성지수 (MIN=4.80, MAX=14.2)
1	3,600	43.8	8.67	20.1	31.1	10.00	
2	2,252.6	18.7	3.10	13.5	38.0	7.80	
3	1,400	42.1	10.3	24.2	68.0	10.20	
4	20,000	28.7	6.21	22.2	63.7	11.60	
5	20,000	65.8	8.12	25.1	64.8	12.40	
6	20,000	157	21.1	96.4	24.9	13.80	
7	3,000	22.3	13.9	18.2	37.0	10.00	
8	20,000	74.1	17.2	40.0	15.1	11.80	
9	10,700	7.67	1.14	4.55	2.32	7.00	
10	3,000	16.4	4.96	9.35	14.8	7.00	

여 지하수 오염 취약성에 대해 자연 환경과 토지 이용도 사이의 관계성의 이해가 쉽고 빠르게 파악할 수 있다.

## 지하수의 오염 취약성 관리 시스템 구현

### 1. 시스템 구성 및 기능

앞에서 규정한 객체지향 지리 데이터 모델과 오염 취약성 평가를 위한 객체지향 공간 데이터베이스 설계에 의해서 구현한 오염 취약성 관리 시스템의 구조는 Windows 2000 서버 OS 환경 위에 객체 관계형 공간 데이터베이스관리시스템인 ZEUS 2000이 실행되고, 본 논문에서 구현한 인터페이스에 의해 운영된다. 데이터베이스의 지리-객체인 지형, 행정 경계 및 토지이용 레이어는 국립지리원의 1:25000 수치 지도이고, 밭, 논 레이어 등은 ZEUS/MAP과 ZEUS/WE를 이용하여 편집한 것이다. 이 관정 인터페이스는 ZEUS/COM과 Win32 API을 이용한 Visual Basic 6.0으로 제

작하였다. 이에 대한 관리시스템은 그림 5와 같다.

그림 5에서 보면, 기본화면은 주메뉴(화면 관리, 자료관리, 시설관리, 분석), 지도제어도구 모음(확대축소, 화면이동 등), 분석도구모음(Na, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, 평가지수), 색인 지도창, 지도레이어창(레이어명, 보이기), 관정속성(관리연번, 이름 등)과 찾기, 상태표시줄(DB명, TM좌표값, 화면상위치), 그리고 지도를 보여주는 지도창으로 구성되어 있다.

각 기능에 따라 세부적으로 기술하면, 지도레이어창은 규정한 클래스계층구조에 기준하여 지도를 보여주는 여부를 결정하기 위한 기능이다. 관정속성과 찾기는 관정속성인 관리연번, 이름, Na 등의 값에 따라서 관정을 찾아서 객체단위로 지도창에 보이기 위한 것이다. 분석도구모음은 이 논문이 제안하고자하는 기능으로, 표 1에서 측정한 현황에 기반한 관정의 화학성분인 Na, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>과 Cl의 값에 따라 각각 지도창에 원으로 표시되며, 표 2에서 오염 취약성 평가 기준(지리-필드값의 범위, 등급)과 평가 지수

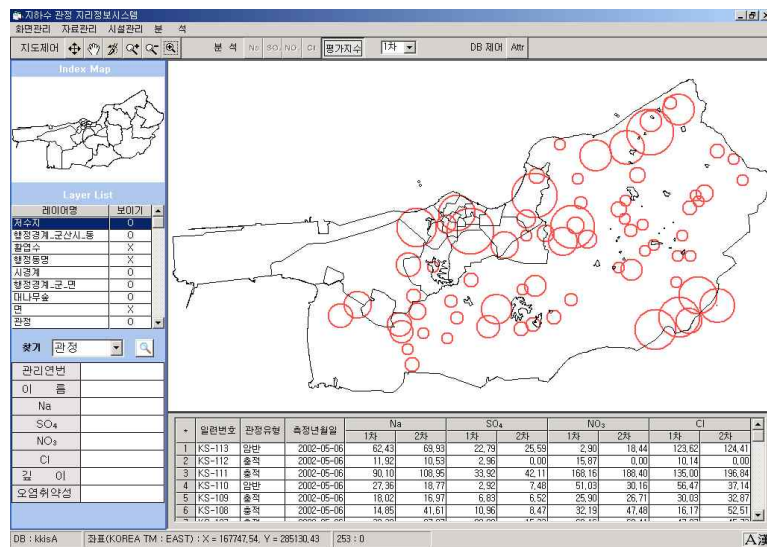


FIGURE 5. Management system for evaluating contamination vulnerability

식 (1)에 의해 구해진 표 2의 평가 지수 분포(오염취약성 지수)의 평가 지수 값에 따라 지도 창에 원으로 표시된다.

## 2. 검토

앞에서 구현한 시스템에서 분석도구모음을 조작하여 Na, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl 단추를 각각 누르면 이에 해당하는 개별적인 평가 결과가 관정 위치에 따라 원의 크기가 다르게 나타난다. 또한 관정깊이, Na, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>와 Cl에 가중치와 등급을 정하여 구해진 평가 지수 단추를 누르면 원의 크기가 다르게 평가됨을 다음과 같이 기술할 수 있다.

- ① 군산 지역은 농경지가 많고 바다와 인접한 부분이 넓게 분포되어 있어서 가뭄이 심할 경우 농업용수, 식수 및 농업용수 등을 많이 필요로 한다. 이 부족한 용수의 적절한 공급을 위해서는 지하수 수질에 따라 각각 농업용수, 식수 및 농업용수 등으로 분류하여야 한다. 그래서 지하수 관정의 오염 취약성 관리와 용수의 수질 분석이 무엇보다 필요하다.
- ② 연구대상지역인 군산시의 바다가 인접한 해변 가까운 구암동, 나포면, 대야면 지역의 수질은 Na 성분이 상대적으로 많이 나타나고 있고, 논농사 지역인 나포면, 개정면, 대야면 지역의 수질은 NO<sub>3</sub> 성분이 상대적으로 높다.
- ③ 대야면, 나포면, 구암동 지역의 지하수 관정은 지표면에 가까워 오염 가능성이 상대적으로 높은 것으로 나타나고 있다.
- ④ 대야면, 구암동, 옥산면 지역의 지하수 수질은 NO<sub>3</sub>와 Cl 농도가 너무 높아 식수로서 부적절하여 폐공 시켜야 할 것이며, 관정에서 수질오염 평가는 하지 않았지만 새로 매립한 군장국가공단(제1

지구)의 수질은 다른 곳에 비해 염분이 아주 많아 관리에 주의가 요구 된다.

위에 적용된 관정 깊이와 Na, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl 이외의 적용하지 않은 19가지의 공간종속 속성이 포함된 분석도구모음을 구현하면, Drastic 지수 모델(Aller 등, 1987)의 평가 요소가 전부 고려되지 않고 관정의 깊이에 의한 평가요소를 선택한다 할지라도 주제에 따라 평가를 용이하게 할 수 있는 기반이 됨을 알 수 있다.

## 결 론

이 논문은 지리정보시스템에서 지하수 환경오염에 관련한 정보를 처리할 수 있는 지리정보를 지리-객체와 비지리-객체로 구분하여 표현하였다. 지하수 오염취약성 평가를 위한 관리 시스템은 공간 종속 속성인 지리-필드와 지리-객체들 사이의 위상관계를 지하수 오염 취약성 평가에 적용하여 구축하였다.

이 논문은 오염 취약성 평가를 위한 오염 등급을 구하기 위해 군산지역의 관정의 깊이, 추출한 수리지질학적 화학적 요소인 Cl, Na, NO<sub>3</sub>, 그리고 SO<sub>4</sub>의 지리-필드 값을 제시한 평가지 수식에 적용하여 평가지수 값을 구하였다. 이 지수 값의 등급에 따라 수치지도를 그리고, 이와 연관된 지형도, 경작도와 행정경계를 중첩시켜 오염취약지역을 평가를 위한 상대적인 분석치를 얻었다. 그리고 연관된 수치지도를 보여줄 수 있는 관리시스템을 구현하였다.

향후 연구방향으로는 평가지수 시스템보다 더욱 한국지형에 적합한 오염취약성 평가를 위기 위해 수리지질학적 화학적 성분들을 응용하고자 하는 주제에 따라 집산화하여 수치지도를 윤곽선으로 표시하고, 그리고 활용 인터페이스의 기능을 더 늘리는 것이다. **KAGIS**

## 참고문헌

- 이사로, 최순학. 1997. GIS 기법을 이용한 영광지역의 지하수 오염취약성 평가. 대한지하수환경학회지 4(4): 223-230.
- 이홍로, 김삼남, 류근호. 1998. 속성 버전화를 통한 개체-관계 모델의 시간지원 객체지향 데이터 모델로의 변환. 한국정보과학회 논문지(B) 25(6): 864-880.
- 이홍로. 2001. 지리객체와 지리필드에서 기하 속성과 공간관계 역할에 기반한 객체지향 공간 데이터 모델. 한국정보처리학회 논문지(D) 8-D(5): 561-572.
- 수자원공사. 2003. 수자원 종합정보시스템의 수질오염도에서 지하수 수질. <http://wamis.kowaco.or.kr>
- 한국통신데이터(주). 2000. Revolutionary GIS solution ZEUS 2000. GIS를 위한 객체관계형 공간 데이터베이스 관리시스템.
- Aller, L., T. Bennett, J.H. Lehr, R.J. Petty and G. Hackett. 1987. DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. National Water Well Association. EPA-600/2-97-035.
- Beer, C. 1989. Formal models for object-oriented databases. Proceedings of the 1st International Conference on DOOD. pp.370-389.
- Borges, K.A.V., A.H.F. Laender and C.A. Davis Jr. 1999. Spatial data integrity constraints in object oriented geographic data modeling. ACM GIS, pp.1-6.
- Booch, G., J. Rumbaugh and I. Jacobson. 1998. The Unified Modeling Language User Guide. Addison-Wesley, Reading, MA.
- Camara, G. 1995. Models, languages and architectures for geographical information systems. Ph.D. theses. INPE in Brazil.
- Filho, J.L. and C. Lochpe. 1999. Specifying analysis patterns for geographic databases on the basis of a conceptual framework. ACM GIS, pp.7-13.
- Hadzilacos, T. and N. Tryfona. 1997. Executing the Entity-Relationship Modes to Capture Spatial Semantics. SIGMOD RECORD. **KAGIS**