

지리교육에서 Internet GIS의 활용

-ArcIMS를 이용한 Internet Mapping-

김감영 · 이건축

서울대 대학원

1. 도입

1980년 후반부터 지리에서 과학적 탐구를 지원하는 학습도구로서 GIS의 잠재성을 모색하기 시작하였다. 이후 지리교육에서 GIS의 유용성, 지리교육에 GIS를 적용하는데 해결해야 할 문제들, 지리교육에 적용할 때 필요한 접근방법, 다양한 학습 모형 개발에 대한 연구가 진행되었다. 그리고 최근 Internet GIS 기술이 개발되면서 Web을 통한 학습 자료의 개발이 이루어지고 있다.

본 연구의 목적은 Internet GIS를 이용한 지리 학습의 가능성을 모색하는 것이다. 지리교육에서 왜 GIS가 필요한지, GIS의 도입을 지연시키는 요소들은 무엇인지 기존의 논의를 통하여 살펴보고, 제기되는 문제를 해결하는 한 방안으로써 Internet GIS의 유용성을 살펴본다. 그리고 지리적 시각화 논의 틀을 바탕으로 서울의 인구 변화를 탐색하는 인터넷 서비스를 개발한 후 이를 지리 학습에 적용하는 사례를 구성한다.

서비스 구성에 이용한 소프트웨어는 ESRI사의 ArcIMS(Arc Internet Map Server)이고, 서비스의 주요 기능은 Java script와 VML(vector markup language)을 이용하여 구현하였다. 서비스에 사용한 속성 자료는 통계청 통계정보시스템(<http://kosis.nso.go.kr/>)의 인구총조사와 사업체기초통계조사 통계이다.

2. 지리교육과 GIS

1) 지리교육과 GIS

지리학자들과 GIS 전문가들은 GIS의 교육적 활용 측면을 찾고자 많은 노력을 하였다. Palladino(1994)는 미국 지리교육지침(Guidelines for geographic Education, 1983)에서 제시한 다섯 가지 기본 개념인 위치, 장소, 장소내 관계, 이동, 지역 등을 학습하는데 GIS를 어떻게 활용할 수 있는지를 논의하면서 GIS의 기능이 충분히 이러한 개념 학습을 소화할 수 있음을 보여 주었다.

미국 지리교육표준에서 제시한 다섯 가지 지리적인 기술(geographic skills, 지리적인 질문하기, 지리 정보 수집하기, 지리정보 조직하기, 지리정보 분석하기, 지리적인 질문에 답하기)을 습득하기 위해서는 도구(tools)와 기술(techniques)이 필요하고 그 중에서 지도와 GIS가 효과적이다. 표준에서 “표준 자치가 직접적이지는 않지만 GIS를 고려하여 쓰여졌다”(Geography education standards projects, 1994:257)고 밝힘으로써 지리 데이터에 대한 질문을 만들어 내고 공간 분석을 통하여 질문에 답을 찾아내는 데 있어 GIS의 교육적 가치를 인정하고 있다.

GIS를 교수 도구로 이용하는 많은 경우, 추상화와 비유보다는 경험과 응용에 의한 학습에 기반을 두기 때문에 자연스럽게 구성주의 교육철학과 연결된다(Meyer et al., 1999). Bednarz(1995)는 구성주의가 지리교육에서 GIS 활용의 정당화할 수 있다고 보았고, GIS와 지리교육과의 관계를 <표-1>과 같이 제시하였다.

지리교육과 GIS의 관계를 바탕으로 GIS의 교육적 효과에 대한 다양한 논의가 이루어 졌는데, 먼저 ESRI는 초·중등학교에서 GIS 이용의 교육적 근거를 다음과 같이 제시한다. GIS는 교육 개선 역할, 직업적 도구, 분석·종합·평가를 할 수 있는 지적 능력(비판적 사고능력) 개발, 탐구과정을 통한 발견 학습 능력 개발, 공간 인지능력 향상, 컴퓨터 및 소프트웨어 활용 능력 개발 등에 가치가 있다(ESRI, 1998). GIS는 실세계의 데이터를 바탕으로 학습이 이루어지게 함으로써 학생의 학습 동기를 유발하는데

효과적이다(Keiper, 1999). 또한 GIS는 문제중심, 탐구중심, 학생중심의 교육을 가능하게 함으로써 지리의 유용성과 적절성을 증대시키는 엄청난 잠재력을 지닌다(Wanner and Kerski, 1999). GIS는 공간분석과 탐색과정을 통한 고차원의 사고 활동을 가능하게 하는 학습 도구라고 할 수 있다.

구성주의의 특징	GIS의 특징
(학생이) 지식을 구성	(학생은) 지도, 데이터베이스 작성을 통하여 지식을 구성
경험을 통하여 관계를 파악	지도화를 통한 공간 관계 탐색
복잡한 실제 상황을 학습	실세계 자료와 장소로부터 학습
자신의 학습을 관리	자료 탐색을 통하여 관계를 파악하고 스스로 학습
학습 과정은 결과만큼 중요	GIS는 탐색을 위한 도구(과정중심)

<표 1> 구성주의와 GIS의 관계

GIS를 지리교육에 이용할 때 유의할 점이 있다. GIS의 교육은 두 가지 형태 즉 GIS를 가르치는 것(teaching about GIS)과 GIS를 이용하여 가르치는 것(teaching with GIS)으로 이루어 질 수 있다(Sui, 1995). 초·중등학교 지리교육에서 전자보다는 후자의 측면에서 지리 학습을 보조하는 도구로서 GIS를 이용하는 것이 바람직하다. 지리교육에서 GIS의 교육적 가치는 공간적 사고(spatial thinking)를 향상시키는 데 두어야 하고 GIS의 적용과정에서 기술중심주의(thechnocentrism)로 흐르는 것을 경계해야 한다(Bernarz, 2002).

2) GIS 도입의 장애 요소

Kreski(2001)의 조사에 따르면 미국의 경우 GIS 교육기관에서 교육을 받은 교사들 중 단지 2%의 교사만이 GIS를 교육에 활용하고 있다. 지리교육에서 GIS의 가능성과 유용성에도 불구하고 교육 현장에서 GIS의 이용이 활발하게 이루어지지 않는 것은 많은 장애 요소들 때문이다(Bednarz, 1995; Bednarz and Audet, 1999; Curtis et al., 1999; ESRI, 1998; Keiper, 1999; Kerski, 2001; Meyer et al., 1999). GIS의 적용을 저해하는 장애요소들을 보면 다음과 같다.

첫째, 기술적 측면에서 제기된 문제로는 GIS를 구동하는데 필요한 하드웨어의 부재 혹은 낮은 사양, GIS 소프트웨어 구입 문제, 수업에 이용할 수 있는 지리 데이터의 부족, GIS 소프트웨어의 복잡성, 학생들의 컴퓨터에 대한 접근성 문제 등이 있다.

둘째, 교사 측면의 문제로, 교사의 컴퓨터 및 GIS 소프트웨어에 대한 지식 부족, 지리 개념화의 부족(전문성의 문제), 새로운 기술을 배우는데 필요한 시간, GIS 기반의 학습 모듈의 개발에 소요되는 시간의 문제 등이 제기되었다.

셋째, 제도적 문제로, GIS를 적용에 적절하지 않은 교과과정, 교과과정을 다룰 수 있는 수업 모듈의 부족, 교육을 위한 지원의 부족(기술, 재원), 예비교사 교육 프로그램의 문제(대학교육) 등이 제기되었다. 여기서 또 하나 지적해야 할 것은 기존에 개발된 교수 모델 및 자료의 재사용성 문제이다. 교사들이나 지리교육학자들에 의해서 개별적으로 개발된 수업 모형이 공유되지 못하여 사라지는 경우가 많다.

3) Internet GIS의 유용성

위에서 지적한 문제들은 교사의 입장에서 해결할 수 있는 문제도 있고 제도적으로 해결해야 할 문제들도 있다. 또한 단기간에 해결될 수 있는 문제도 있고 문제 해결에 오랜 시간이 걸리는 문제도 있다. 이러한 문제 해결의 복잡성 때문에 모든 문제를 해결할 수 있는 단일한 방법은 존재하지 않는다. Internet GIS 또한 마찬가지로 제시된 문제의 일부를 해결할 수 있는 방안을 제시할 뿐이다. Internet

GIS를 이용하여 해결 가능한 문제들은 다음과 같다.

첫째, Internet GIS를 이용하여 해결할 수 있는 가장 큰 문제는 GIS 소프트웨어의 구입과 데이터 문제이다. GIS 소프트웨어 회사들의 교육기관에 대한 저렴한 자격 정책에도 불구하고 여전히 소프트웨어 비용은 GIS의 이용에 부담이 되고 있다. 소프트웨어 이용이 제한되면서 지리 데이터를 만들고 조작하는 것 또한 어렵게 된다. 인터넷을 이용한 GIS의 구현은 교사들로 하여금 소프트웨어와 데이터의 제약을 극복할 수 있도록 한다. 교사와 학생들은 데이터나 소프트웨어 없이 단지 인터넷 브라우저만을 통하여 GIS 어플리케이션에 접근할 수 있다.

둘째, Internet GIS를 이용하여 소프트웨어의 복잡성과 GIS 소프트웨어를 배우는데 필요한 시간의 문제를 효과적으로 해결할 수 있다. Internet GIS를 활용한 지리 학습 어플리케이션은 내용에 필요한 기능만으로 인터페이스를 구성하여 기존 GIS 소프트웨어가 갖는 복잡성을 줄임으로써 소프트웨어 기능습득에 대한 부담을 없앨 수 있고, GIS의 교육적 이용 가능성을 증가시킬 수 있다(O'Dea, 2002). 그러나 Internet GIS를 이용한 GIS 어플리케이션 이용은 GIS가 갖는 많은 기능성과 유연성을 제한하고 사용자의 역할을 축소시킨다. 이러한 관점에서 Internet GIS는 GIS의 기능성과 이용 가능성의 교환이라고 볼 수 있다. 그러나 Internet GIS의 기술적 발전을 통하여 가능성이 확대될 것으로 보인다.

셋째, Internet GIS를 통한 GIS 어플리케이션의 공유는 교사들로 하여금 GIS를 이용한 수업 모형의 개발 부담을 덜어 줄 수 있고 제작된 수업 모형의 재사용성을 늘릴 수 있다. 물론 여기서 전제되어야 하는 것은 이러한 GIS 어플리케이션을 충분히 제공하는 환경이다.

결론적으로 Internet GIS의 장점은 접근성(accessibility)과 사실성(actuality)으로 요약할 수 있다. 접근성의 향상을 통하여 시간의 제약, 지역적 제약을 극복할 수 있고 수많은 지리정보에 대한 활용할 수 있다. Internet GIS는 교실뿐만 아니라 교실 밖에서 지리를 학습하는 가능성을 제공한다. 또한 Internet GIS는 실세계의 자료와 장소를 학습할 수 있는 맥락을 제공함으로써 현실에 기반을 둔 학습을 가능하게 한다.

4) GIS도입을 위한 접근 방법 - 시각화(visualization)

Internet GIS는 사용 목적에 따라 다양한 형태를 보인다. 단순하게 지리정보를 보여주는 저차원의 것에서부터 데이터 변환과 같은 고차원의 기능을 수행하는 것까지 다양하다. Weise(2001)는 Internet GIS에서 제공하는 지리정보(지도로 통한 정보)의 유형을 위치를 보여주는 지도, 변화를 보여주는 지도(움직이는 GIF), 상호작용 가능한 지도, 공간분석을 수행하는 지도, geoprocessing을 수행하는 지도로 구분하였다.

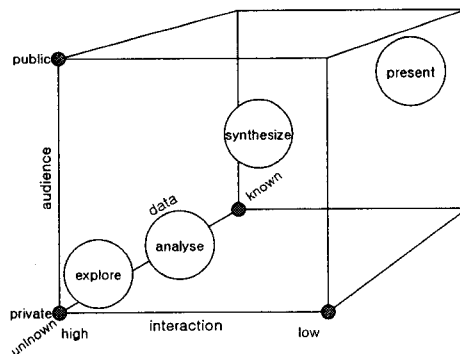


그림 1. 지도 이용 목적
(MacEachren and Kraak, 1997)

이러한 지리정보의 유형은 MacEachren과 Kraak(1997)가 제시한 지도 이용 목적과 관련하여 살펴볼 수 있다. 위치를 보여주는 지도는 지도 이용 중에서 표현에 해당하는 것으로 스캔된 이미지나 HTML

문서에 들어가 있는 이미지 지도가 이 범주에 속한다.

상호작용 가능한 지도는 지리 데이터에 대한 탐색을 가능하게 하는 것으로 사용자와 어플리케이션의 상호작용(interaction)이 가장 큰 특징이다. 이러한 상호작용은 GIS가 지리 학습에 효과적으로 활용되기 위한 핵심 요소라고 할 수 있다. 사용자와 지도와의 상호작용을 통한 탐색 과정은 사용자에게 익숙하지 않거나 알려지지 않은 지리 데이터로부터 의미 있는 정보를 얻기 위하여 다양한 지리적 시각화 기법을 이용한다. 데이터의 조작(분류), 상이한 지도 표현 방법, 산출된 지도의 시각적 비교를 통하여 지리 데이터의 특징을 파악하고, 공간 패턴 및 현상 사이의 관련성을 파악할 수 있다. 나아가 공간 현상에 대한 질문을 만들어 낼 수 있다. 이러한 탐색 과정은 Internet GIS의 이용자(교사 혹은 학생)에게 시각적 사고 과정을 자극한다. 연구에서 구현한 Internet GIS 어플리케이션도 이러한 탐색 과정을 기본으로 하여 만들어 졌다.

공간 분석을 수행하는 지도나 geoprocessing을 수행하는 지도는 Internet GIS의 지향점이라고 볼 수 있지만 구현하는 것이 쉽지 않다. 이러한 지도를 구현하기 위해서는 공간 연산과 지리 데이터 처리에 대한 많은 지식뿐만 아니라 Java등과 같은 프로그램 코딩 능력이 필요하다. 앞으로서의 기술발전은 이러한 지도의 구현을 손쉽게 할 것이다.

3. 인터넷 서비스 구축 및 적용

1) 인터넷 서비스 개요

웹 서비스에 이용한 공간 자료는 2000 기준 동 및 구 단위 행정구역을 나타내는 면 데이터와 고등학교 위치를 표현하는 점 데이터이고, 속성 자료는 통계청의 통계데이터시스템의 인구총조사 자료 중 1980년부터 2000년까지 5년 단위의 동별 인구 자료이다. 동별 인구자료를 이용하여 인구밀도와 증가율을 산출하였다. 행정구역이 바뀐 동은 인구밀도는 변경 과정을 조사하여 재할당 하였다. 또한 인구와 다른 현상의 관련성 탐색을 위한 속성 자료로 구별 통근통학자수, 사업체수, 종사자수(사업체기초통계조사, 1999)를 이용하였다.

이러한 지리 데이터의 서비스를 위하여 ESRI사의 ArcIMS(version 4.0)을 이용하였다. ArcIMS는 인터넷 상에서 지리정보와 서비스를 제공하도록 고안된 map server 프로그램이다. 이 프로그램은 손쉽게 지도를 만들어 Internet에 올릴 수 있도록 지원한다(ESRI, 2002). ArcIMS의 서비스 방식으로는 HTML viewer와 Java viewer가 있는데 연구의 어플리케이션은 HTML 방식을 이용하였다. 그림 2는 개발된 서비스의 인터페이스를 보여주고 있다.

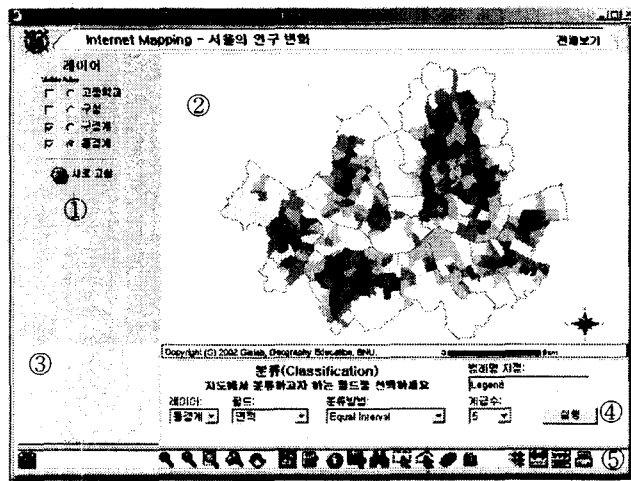


그림 2. 인터넷 서비스 인터페이스

서비스의 인터페이스는 ① 데이터 조작 및 범례, ② 지도 디스플레이, ③ Overview, ④ Tool 인터페이스, ⑤ Tool로 구성된다. 서비스에서 제공하는 툴은 사용자와 데이터 사이의 상호작용을 가능하게 하는 것으로 탐색 환경에서 매우 유용하다. 툴은 확대, 축소, 이동과 같은 기본적인 지도 조작 기능, 속성 확인, 찾기, 속성 통계, 지리 데이터 질의, 주제도 작성, 차트 그리기, 버퍼링, 거리 측정 및 지도 출력 등의 기능을 제공한다.

주제도 작성 기능은 사용자가 공간 단위를 설정하고 표현하고 싶은 필드와 분류 방법 그리고 급간을 선택하여 단계구분도를 작성할 수 있도록 한다. 인구, 인구밀도, 증가율에 대한 시계열 데이터를 이용한 단계구분도의 작성은 시간에 따른 인구 패턴의 변화를 탐색할 수 있도록 한다. 서비스에서 제공하는 분류 방법은 equal interval, quantile, standard deviation 기법 등이다. 또한 이 기능은 패턴 탐색뿐만 아니라 분류방법 및 급간 수에 따른 지도 표현의 변화를 이해하는데 사용될 수 있다.

차트 그리기 기능은 해당 동의 시기별 인구밀도 자료를 이용하여 막대 그래프를 그리는 것으로 개별 동의 인구밀도 변화 특성을 탐색하는데 유용하다. 사용자가 원하는 동을 지도상에서 클릭하면 그림 3과 같은 인터페이스 창이 뜬다. 다중 창을 열 수 있어 동별 인구밀도 변화의 차이를 시각적으로 비교할 수 있다(그림 3).

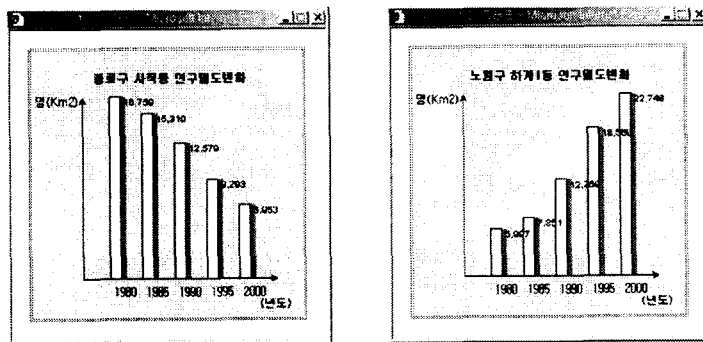


그림 3. 동별 인구밀도 변화 그래프
동별 인구 밀도 변화 특성뿐만 아니라 서울 도심(종로구 사직동)과 외곽(노원구 하계1동)의 상이한 인구 변화 양상을 파악할 수 있다.

버퍼링 기능은 지리 데이터(점, 선, 면)에 대한 버퍼 지역 형성뿐만 아니라 공간 검색을 가능하게 한다. 이 기능은 지리 데이터 사이의 거리 관계를 파악하는 유용한 방법이다. 출력 기능은 지도 디스플레이 이 영역에서 표현된 지도를 시각적으로 비교할 수 있는 레이아웃을 만들어 준다.

2) 지리 학습의 적용 사례

구축된 인터넷 서비스를 바탕으로 서울의 인구 변화 및 분포 특성을 학습하는 사례를 작성하였다. 탐색의 과정은 개념의 이해에서 출발하여 서울의 전역적(global) 특성을 파악하고 이러한 전역적 특성이 지역적으로 어떻게 다르게 나타나는지를 파악하는 것으로 진행된다. 다음 이러한 지역적 차이가 공간적으로 어떠한 패턴을 보이는지 탐색하고 인구수(통근통학자수)와 사업체수의 공간적 분포의 비교를 통하여 인구의 교외화로 인하여 발생할 수 있는 문제를 생각할 수 있도록 구성하였다. 구체적인 학습 사례는 표 2에 제시되어 있다.

4. 결론 및 제언

연구를 통하여 지리 학습에서 활용할 수 있는 Internet GIS 어플리케이션을 작성하였다. Internet GIS는 GIS를 교육에 적용하는데 있어 발생하는 많은 문제를 해결하는 대안이 될 수 있다. 구성된 인터넷 서비스는 사용자와 지도와의 상호작용을 강조하여 학습자에게 시각적인 사고를 할 수 있는 탐색 환경을 제공한다.

본 연구는 시험적 성격의 연구로 다음과 같은 사항에 대한 연구가 필요하다. 먼저 우리 현실에서 GIS의 필요성 및 학교 현실을 구체적으로 조사할 필요가 있다. 또한 교과과정을 기반으로 다양한 학습 모형의 개발하고 그 효율성에 대한 체계적인 평가가 이루어 져야 한다. 더 나아가 이러한 모듈을 개발하고 사용할 수 있도록 지리교육자(교사, 교수)와 GIS 전문가의 인적 네트워크와 공유 환경을 만들 필요가 있다.

학습절차	학생 활동	지리적 질문	Web 서비스기능	GIS 기능
인구 밀도 개념 이해	<ul style="list-style-type: none"> · 인구규모가 비슷한 '관악구 신림9동', '강남구 대치2동' 찾기 · 선택된 동의 크기를 시각적으로 비교 · 속성 값에서 면적, 인구수, 인구밀도 확인(2000년) 	<ul style="list-style-type: none"> · 인구밀도란? · 인구밀도 값에 영향을 주는 요인은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> · 찾기 · 속성 확인 	<ul style="list-style-type: none"> · 속성에 의한 공간 질의 · 속성 확인
서울 인구 변화 탐색 (전역적)	<ul style="list-style-type: none"> · 서울의 년도별 인구수 확인 	<ul style="list-style-type: none"> · 서울의 인구가 가장 많은 시점은? · 서울의 인구 변화 추이는? 	<ul style="list-style-type: none"> · 속성 통계 	<ul style="list-style-type: none"> · 속성에 대한 기술 통계
개별 동의 인구 변화 탐색 (지역적)	<ul style="list-style-type: none"> · 학생의 거주하는 동(도봉구 방학3동)의 속성 확인 · 학생이 다니는 학교(이화여고)가 속한 동(중구 소공동)의 속성 확인 · 같은 방법으로 알고 있는 동의 속성 확인 	<ul style="list-style-type: none"> · 동의 인구수 변화의 특성은? · 서울의 인구변화와 개별동의 인구변화사의 차이는? 	<ul style="list-style-type: none"> · 찾기 · 속성 확인 	<ul style="list-style-type: none"> · 속성에 의한 공간 질의 · 속성 확인
도심과 외곽 지역의 인구 변화 차이 탐색 (지역적)	<ul style="list-style-type: none"> · 도심지역 '중구 소공동', 외곽지역 '강북구 방학3동' 찾기 · 선택된 동의 속성 확인 · 인구밀도 변화 그래프 그리기 · 동의 인구밀도 그래프를 시각적으로 비교 	<ul style="list-style-type: none"> · 도심과 외곽의 인구 변화의 차이는? · 도심 인구변화의 특성은 무엇인가(도심 인구공동화)? 	<ul style="list-style-type: none"> · 찾기 · 속성 확인 · 차트 그리기 	<ul style="list-style-type: none"> · 속성에 의한 공간 질의 · 속성 확인 · 차트 기능
인구 증가율의 공간적 패턴 탐색 (시계열 비교)	<ul style="list-style-type: none"> · 년도별 동 인구 증가율에 대한 공간적 패턴 질의(-15%이하, 25%이상) · 감소율과 증가율이 큰 지역의 공간적 분포 확인 · 시간에 따른 패턴의 변화 비교 	<ul style="list-style-type: none"> · 인구 감소율이 높은 지역의 공간적 분포 특성은? · 인구 증가율이 높은 지역의 공간적 분포 특성은? · 시간에 따른 증감 패턴은 어떠한 경향을 보이는가? 	<ul style="list-style-type: none"> · 질의 	<ul style="list-style-type: none"> · 속성에 의한 공간 질의
인구 밀도의 공간적 패턴 탐색 (시계열 비교)	<ul style="list-style-type: none"> · 년도별 인구밀도 주제도 그리기(동일한 분류방법, 계급 수) · 레이아웃 작성을 통한 시기별 공간 패턴 비교 	<ul style="list-style-type: none"> · 각 시기의 인구 밀도 패턴의 특징은? · 시간이 지나면서 인구 밀도는 어떻게 바뀌는가(인구의 교외화)? 	<ul style="list-style-type: none"> · 주제도 그리기 · 프린트 	<ul style="list-style-type: none"> · 속성에 대한 주제도 작성 · 레이아웃 작성
인구와 다른 현상과의 관련성 탐색	<ul style="list-style-type: none"> · 구별 인구분포도 그리기 · 구별 통근통학자, 사업체수에 대한 주제도 그리기 · 작성된 주제도의 시각적 비교 	<ul style="list-style-type: none"> · 현상들은 어떤 분포 특성을 보이는가? · 현상들의 분포차이로 인해 발생할 수 있는 문제는? 	<ul style="list-style-type: none"> · 주제도 그리기 · 프린트 	<ul style="list-style-type: none"> · 속성에 대한 주제도 작성 · 레이아웃 작성

<표 2> 서울 인구 변화에 대한 학습 사례

참고 문헌

- Bednarz, S.W., 1995, "Reaching New Standards: GIS and K-12 Geography", *GIS/LIS '95 Proceedings*, Bethesda: ACSM/ASPRS, AAG, URISA, AM/FM, pp.44-52.
<http://www.sgi.ursus.maine.edu/gisweb/spatdb/gislis95/gi95006.html>

- Bednarz, S.W., 2002, "Thinking Spatially: Incorporating Geographic Information Science in Pre and Post Secondary Education". <http://www.geography.org.uk/downloads/IGU_thinkingsp.rtf>
- Bednarz, S.W., and R.H. Audet, 1999, "The status of GIS technology in teacher preparation programs", *Journal of Geography*, 98(2), pp.60-67.
- Curtis, D.H., C.M. Hewes, and M. J. Lossau, 1999, "MapIT! A Web-based GIS Tool for Watershed Science Education", In *Proceedings of the 19th Annual ESRI User Conference*. <<http://gis.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap449/p449.htm>>
- Elzakker, C., 2000, "Use and Users of Maps on the Web", *Cartographic Perspectives*, 37, pp.34-50.
- ESRI, 1998, "GIS in K-12 Education", *ESRI White Paper*, ESRI.
- ESRI, 2002, "ArcIMS 4 Architecture and functionality", *ESRI White Paper*, ESRI.
- Geography Education Standards Project, 1994, *Geography for Life: National Geography Standards 1994*, Washington, D.C: National Geography Society.
- Keiper, T.A., 1999, "GIS for elementary students: An inquiry into a new approach to learning geography", *Journal of Geography*, 98(2), pp.47-59.
- Kerski, J.J., 2001, "The Implementation and Effectiveness of Geographic Information Systems Technology and Methods in Secondary Education", In *Proceedings, 21 st Annual ESRI User Conference*. <<http://www.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers/pap191/p191.htm>>
- MacEachren, A.M., and M.J. Kraak, 1997, "Exploratory Cartographic Visualization: Advancing the agenda", *Computers & Geosciences*, 23(4), pp.335-343.
- Meyer, J. W., J. Butterick, M. Olkin, and G. Zack, 1999, "GIS in the K-12 Curriculum: A Cautionary Note", *Professional Geographer*, 51(4), pp.571-578.
- O'Dea, E., 2002, *Integrating Geographic Information Systems and community mapping into secondary science education: A web GIS approach*, Master's Thesis, Oregon State University.
- Palladino, S.D., 1994, *A role for geographic information systems in the secondary schools: An assessment of the current status and future possibilities*, Master's Thesis, University of California, Santa Barbara.
- Sui, D.Z., 1995, "A pedagogic framework to link GIS to the intellectual core of geography", *Journal of Geography*, 94(6), pp.578-591.
- Wanner, S., and J. Kerski, 1999, "The effectiveness of GIS in high school education", *1999 ESRI International User Conference Proceedings*, <<http://www.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap203/p203.htm>>
- Weise, U., 2001, "Internet GIS". <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/g516/talks_2001/Internet%20GIS.htm>