

GIS-기반 장기 기상 예보 활용 시스템 개발: 에너지 산업을 사례로 한 프로토타입 시스템*

조대현** · 신정엽*** · 이상일**** · 정준석***** · 김현경*****

Developing a GIS-based Application System in Long Range Weather Forecasting : A prototype for Energy Industry*

Daeheon Cho** · Jungyeop Shin*** · Sang-II Lee**** · Jun-Seok Chung***** · Hyun-Kyung Kim*****

요약 : 기상 예보는 에너지 산업과 같은 다양한 산업 활동에 필수적인 정보를 제공한다. 본 연구의 목적은 에너지 산업을 대상으로 장기 기상 예보에 활용될 수 있는 GIS 기반의 프로토타입 시스템을 개발하는 것이다. 이를 위해 먼저 기상 및 기후 정보의 활용에 있어 GIS가 갖는 함의를 살펴보고자 했다. 이어 현재 기상청에서 제공 중인 장기 예보 서비스에 대한 현황 분석 등을 토대로 활용 시스템의 발전 방향을 논의하였다. 여기에서는 에너지 산업을 고려하여 정보 자체의 발전 방안과 정보의 서비스 방식에 대한 개선 방안을 함께 검토하였다. 이를 토대로 장기 예보 정보의 활용을 위한 프로토타입 시스템을 데스크톱 GIS를 기반으로 개발하였다. 본 연구에서 개발된 시스템을 통해 GIS는 장기 예보 정보의 관리에서 서비스까지의 전 과정에서 매우 효과적이고 효율적인 기반이 될 수 있음을 확인하였다.

주요어 : 장기 예보, 기상 정보, GIS, 에너지 산업

Abstract : Weather forecasts provide various industrial activities with essential information. This study aims to develop a GIS-based prototype application system of the long range weather forecasting which can be applied to the energy industry. As preliminary considerations, some implications of GIS in enhancing the usage of weather and climate information are discussed and a critical investigation on the current service system provided by the Korea Meteorological Administration is undertaken. Some conceptual cornerstones for a more advanced application system in terms of quality of information itself and its service are obtained with special focus on the case of energy industry. Based on these, a prototype, desktop GIS-based application system is developed for utilizing long range weather forecasting information. It is concluded that GIS could provide a highly effective and efficient platform in which various tasks pertaining to long range weather forecasting information, from data management to information service, are accomplished in an integrative way.

Key Words : Long range forecasts, Meteorological information, GIS, Energy industry

*이 연구는 기상청 기후변화 감시·예측 및 국가정책지원 강화사업(RACS_2001-4017)의 지원으로 수행되었습니다.

**서울대학교 사범대학 지리교육과 강사(Lecturer, Department of Geography Education, Seoul National University, dlncho@gmail.com)

***서울대학교 사범대학 지리교육과 부교수(Associate Professor, Department of Geography Education, Seoul National University, geoshin@snu.ac.kr)

****서울대학교 사범대학 지리교육과 부교수(Associate Professor, Department of Geography Education, Seoul National University, si_lee@snu.ac.kr)

*****기상청 기후예측과 과장(Chief, Climate Prediction Division, Korea Meteorological Administration, cjs@kma.go.kr)

*****기상청 기후예측과 서기관(Secretary, Climate Prediction Division, Korea Meteorological Administration, hyunkim412@korea.kr)

I. 서론

기상 혹은 기후는 다양한 인간의 활동에 지대한 영향을 미치는 요소이다. 최근에 두드러지고 있는 기상 이변 혹은 기후 변화로 인해 기상 정보에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다. 그 중에서도 기상이 경제나 산업 활동에 미치는 영향이나 효과에 대한 연구가 국내외의 학계에서 주목을 받고 있는데, 우리나라에서도 2000년 이후 관련 연구들이 진행되고 있는 상황이다(양영민 등, 2004; 김영신 등, 2005). 이 연구들은 대부분 경제나 산업 활동에 있어 기상 정보 활용의 경제적 가치나 필요성에 초점을 두고 있다.

이러한 사회적 관심사와 맞물려 국내외의 기상 예보 기관들은 다양한 기상 예보를 시행하고 있는데, 우리나라 역시 기상청에서 다수의 기상 예보 서비스 중에 있으며 그 정보는 인터넷 웹사이트(www.kma.go.kr) 등을 통해 제공되고 있다. 기상 예보는 일반적으로 예보가 이루어지는 시간적 스케일에 따라 단기, 중기 및 장기 예보로 구분되는데, 우리나라 기상청에서는 향후 10일 이하의 예보는 단기 및 중기 예보로, 11일 이상의 기간에 대한 예보를 장기예보로 구분하고 있다(기상청 홈페이지 참조). 단기 및 중기 예보의 경우 불확실성이 상대적으로 낮아 보편적으로 활용되고 있으나 장기 예보의 경우는 아직 인식 수준이나 활용도가 그리 높지 않은 실정이다. 학계에서도 장기 예보에 대한 연구는 장기 예보를 위한 모델이나 방법론, 특정한 목적의 장기 예보 실행이나 응용 등(김기훈·변희룡, 2001; 박원희·이재규, 2003; Yoon *et al.*, 2005; 강부식 등, 2007; 안중배 등, 2009; 박혜진 등, 2010)에 머물고 있으며 실질적 활용에 대한 연구는 매우 드문 실정이다. 특히 정보의 전달 및 활용이 정보통신 기술에 크게 의존하는 상황을 고려해 보면 기상 예보의 활용 시스템에 대한 연구는 시급하다.

이에 본 연구에서는 기상 예보 중 아직 활용성이 높지 않은 장기 예보에 초점을 두어 에너지 산업을 사례로 정보 활용을 지원할 수 있는 도구적 방안을 모색하고자 한다. 이는 에너지가 인간의 일상 활동은 물론 모든 산업 활동에 있어 필수 요소일 뿐만 아니라 기상 조건과도 밀접한 관련성을 갖기 때문이다. 에너지가 가지는 중요성으로 인해 한 사회의 유지·발전을 위해 요구되는 에너지의 양을 예측하거나 공급하는 과정, 그리고 실제 에너지를 소비하는 과정은 다양한 에너지 관련들의 주된 관

심사가 된다. 그런데 이러한 에너지의 생산 및 소비의 과정은 기상 혹은 기후 조건과 밀접한 관련을 맺고 있다. 즉, 기상 조건은 에너지, 특히 재생 에너지의 생산이나 에너지 운송에 크게 영향을 미칠 뿐만 아니라 에너지의 소비 패턴에서의 변화를 유발할 수 있다(Dutton, 2010). 이런 면에서 기상 조건에 대한 정보, 특히 미래의 기상에 대한 예측 정보는 에너지 산업의 생산 및 공급과 관련된 계획에 있어 필수적인 핵심 정보가 된다.

이러한 배경을 바탕으로 본 연구는 우리나라 기상청의 장기 예보를 대상으로 에너지 산업에 이용될 수 있는 정보 활용 시스템의 구축 방안을 제시하고, 이를 실제로 구현하는 것을 그 목적으로 한다. 이를 위해 본 연구는 우선 기상 및 기후 정보의 활용에 있어 GIS가 갖는 함의를 살펴본다. 이어 선행 연구와 설문조사, 그리고 기상청의 현황 서비스에 대한 현황 분석 등을 통해 장기 예보 정보 활용의 발전 방안을 제시한다. 여기에서는 기상청 장기 예보에서 제시되는 정보 자체에 대한 개선 방안과 정보 서비스 측면의 개선 방안을 동시에 고려한다. 마지막으로 도출된 개선 방안을 적용하여 실제 활용 시스템을 설계하고 구현하는데, 특히 GIS 기반의 프로토타입 시스템으로 개발한다.

II. 기상 및 기후 정보와 GIS

지난 60여 년간 GIS(Geographic Information Systems, 지리정보시스템)는 위치정보가 결합된 공간 데이터를 다루는데 효과적인 수단이자 방법론으로 끊임없는 성장을 지속해왔다. 공간 데이터의 입력 및 관리, 조작, 디스플레이 등에 있어서는 GIS가 이미 보편화 되었으며, 최근에는 새로운 발전으로 이어지고 있다. 공간 데이터에 대한 분석 부문이 빠르게 발전하고 있으며, 인터넷을 기반으로 하는 공간 데이터의 공유나 정보 서비스는 물론 인터넷 상에서 GIS 기능을 제공하는 GIS 서비스 등이 크게 주목 받고 있다. 특히 모바일 기술의 진화와 함께 공간 데이터나 GIS 서비스에 대한 접근이 더욱 용이해지면서 GIS는 일상 속으로 깊이 스며들고 있다. 현재 GIS는 우리 사회 전반에서 널리 사용되고 있는데, 전통적으로는 지하시설물이나 교통, 토지 및 지형 등 인프라적인 성격이 강한 분야에서 가장 활발히 구축되었다. 초기에는 데이터베이스의 구축이라는 형태로 GIS가 도입되었

으나 점차 데이터의 유통이나 활용 측면이 강조되고 있다. 다양한 국가 기관에서 행정 업무를 위해 GIS를 사용하거나 GIS 기반의 대민 서비스를 제공하고 있으며, 대부분의 인터넷 포털 서비스에서는 GIS 기반의 지리정보 및 교통정보 서비스를 제공하고 있다. GIS는 공간 데이터를 다루는 다양한 학문이나 연구 분야에서도 활용성이 급증하여 데이터의 분석 및 지식의 생산을 위한 플랫폼으로 자리잡아 가고 있다.

이러한 상황에 비해 기상 및 기후와 관련된 GIS의 활용은 그리 빠른 속도로 이루어지고 있지는 못한 것으로 판단된다. 국내의 전반적으로 1990년대 이후, 특히 2000년대 접어들면서 기상 및 기후에 GIS를 활용하기 위한 개별 또는 집단적 노력이 크게 늘어나고 있다. 예를 들어 유럽에서는 20개국에 참여하여 GIS와 기상 및 기후 간의 연계를 모색하려는 "COST Action 719"라는 프로젝트가 2001년 시작되었다(Dyras *et al.*, 2005). 미국의 경우도 국립기상연구소(National Center for Atmospheric Research)가 2002년 "GIS in Weather, Climate, and Impacts"라는 제목의 워크숍을 처음으로 개최하게 된다(Wilhelmi and Brunskill, 2003). 국내의 경우도 사정은 크게 다르지 않은데, 기상 관련 연구에서 GIS가 사용되기 시작한 것은 1990년대 후반으로 판단되며(윤진일 등, 1998; 김유근 등, 1999), 2000년 이후 연구가 빠르게 증가하고 있다. 하지만 GIS가 사용된 연구의 대부분은 기상 또는 기후 자료가 하나의 변수로서 GIS 환경에서 분석되는 형식을 취하고 있으며, 기상 또는 기후 현상 자체에 보다 초점을 두고 있는 연구는 비교적 드문 편이었다.

이와 같이 기상 및 기후 분야에 GIS의 활용이 다소 늦게 시작된 것은 이 분야에 GIS가 불필요하다기 보다는 널리 활용될 수 있는 조건을 충분히 갖추지 못했었다는 지적(Van der Wel *et al.*, 2004)으로 이해할 수 있다. 특히 당시 대부분의 상용 GIS 패키지의 경우 실시간 단위로 정보가 갱신되어 역동적으로 변화하는 기상 데이터를 원활히 다루지 못했던 것이 주 원인이었던 것으로 판단된다(Wilhelmi and Brunskill, 2003; Van der Wel *et al.*, 2004).

하지만 관련 업계나 학계에서는 이를 극복함으로써 GIS가 가진 잠재력을 극대화하려 시도 하고 있다. Wilhelmi and Brunskill(2003)은 기상 및 기후 정보 분야에서의 GIS 활용의 장점을 잘 정리한바 있다. 이를 참고하여 GIS 활용이 가지는 가능성을 살펴보면 다음과 같이 정리

될 수 있다. 우선 GIS는 방대한 공간 데이터를 효율적으로 관리할 수 있을 뿐만 아니라 서로 연관된 데이터들을 통합적으로 활용할 수 있는 기반을 제공한다. 기상 및 기후 데이터는 실시간으로 갱신되어 누적되는 공간 데이터라는 특성을 갖는데 GIS의 공간 데이터 관리 능력은 이를 효과적으로 유지 관리할 수 있도록 한다. 또한 기상 및 기후 데이터는 지형이나 삼림 등 다양한 자연환경 데이터나 인구나 토지이용 등 인문환경 데이터와 손쉽게 연계될 수 있도록 하여 통합이나 협동을 촉진한다.

또한 GIS는 도구나 방법 측면에서 기상 및 기후 분석을 위한 플랫폼을 제공할 수 있다. GIS는 다양한 공간적 개념과 분석 도구를 통해 기상 및 기후 데이터의 공간 패턴을 탐색하거나 모델링 할 수 있는 환경을 제공한다. 예를 들어 GIS를 통해 기온이나 강수량, 기상재해 등에 대한 공간 패턴을 효율적으로 요약하거나 분석할 수 있다. 특히 GIS의 상호작용적 조작 환경은 기상 및 기후 정보의 전달과 탐색을 동시에 지원할 수 있다. 즉, 지도화와 함께 통계 그래프 등 다양한 그래픽 분석 도구를 통합 환경에서 제공함으로써 지리적 시각화(geovisualization) 또는 탐색적 공간 데이터 분석(ESDA: explorative spatial data analysis)의 환경을 제공한다. 이러한 환경은 시각적 수단을 통해 단순히 최종 결과물로서의 정보를 효과적으로 전달하는데도 유리하지만, 사용자와 시스템 간의 상호작용적 조작을 통해 패턴을 분석하거나 새로운 통찰이 이루어질 수 있도록 할 수 있다. 이러한 특성은 본 연구와 같이 주어지는 정보를 특정 목적을 위해 활용해야 하는 상황에 유용한 것으로 판단된다. 정보 활용의 최종 단계가 특정 행위에 대한 의사결정이라면 GIS는 사고(thinking)를 촉진하고 판단을 지원하는 환경이 될 수 있다. 물론 어떤 문제 상황에서는 GIS 그 자체로 충분한 의사 결정을 지원할 수 도 있으나 또 다른 상황에서는 추가적으로 맞춤 제작된 특정 모듈과 결합될 때 더욱 효과적일 수 있다.

이상과 같은 가능성을 바탕으로 그 동안 기상 및 기후 분야에 GIS를 적극 활용하려는 다양한 시도가 이루어져 왔다. 예를 들어 선도적인 GIS 벤더인 ESRI사(www.esri.com)의 소프트웨어에는 대기 현상을 다룰 수 있도록 하는 'Atmospheric Data Model'이 포함되어 있다. 또한 앞서 소개한 COST Action 719 프로젝트에서는 데이터 접근 및 이용(data access and data availability), 공간 내삽(spatial interpolation), GIS 애플리케이션(GIS applications)

의 세 분야에 대한 연구를 수행하고 있다(Dyras *et al.*, 2005). 관련하여 베리오그램(Variogram)이나 크리깅(Kriging) 등은 기상 및 기후 자료가 갖는 공간적 연관성을 모델링하는 방법으로 상용 GIS 패키지에 이미 포함되어 있다. 국내의 경우 최근에 관련 연구가 빠르게 증가하고 있는데, 기상 자료의 GIS 연계 방안(성성철 등, 2004), 기상 자료의 추정(홍기옥 등, 2007; 정재준 · 최영은, 2011)이나 수치 예보 모델 개발(임규호 등, 2011) 등에 GIS를 활용하는 연구가 수행되고 있다.

이러한 연구들이 GIS에서 기상 및 기후 자료를 제대로 다루거나 이를 통해 기상 및 기후를 분석하고 모델링하는데 초점이 있다면 본 연구에서처럼 GIS에 기반한 기상 및 기후 자료의 활용이나 서비스에 대한 연구도 일부 수행되기 시작하였다. 예를 들어 상용 기상정보 서비스 업체인 Meteorlogix(www.meteorlogix.com)의 경우 에너지 산업과 같은 다양한 비즈니스 기관을 대상으로 GIS와 기상 정보를 결합하여 의사 결정 지원 서비스를 제공한다(Sznaider, 2004). 이들은 원 기상 자료를 GIS 기반의 자료로 전환한 후 다양한 분석 과정을 통해 관련 업체에 약천후와 같은 기상 위험을 사전에 예보나 경보로 제시한다(그림 1 참조). 이와 함께 정보의 효율적인 전달 그 자체에 초점을 두어 PC나 인터넷 기반의 기상 정보 제공 서비스 개발에 대한 연구들도 수행되고 있다(Smith and Lakshmanan, 2006; Wolfinbarger *et al.*, 2006). 국내의 경우는 기상 자료를 인터넷에 게시하여 시각화하는 시도가 이

루어졌는데, Google Earth를 통해 관련 정보를 서비스하는 연구가 수행된 바 있다(임우혁 등, 2010; 김현욱 등, 2011). 우리나라 기상청에도 업무 지원을 위해 GIS가 운영되고 있으며, 동네 예보의 경우는 GIS 기반의 서비스가 함께 이루어지고 있다(<http://www.kma.go.kr/gisservice/forecast/gis.jsp>).

III. 에너지 산업을 위한 장기 예보 활용의 발전 방안

1. 장기 예보 정보의 생산

에너지 산업을 위한 장기 예보의 활용이 효과적이고 효율적으로 발전하기 위해서는 장기 예보 정보의 생산 및 서비스에 대한 전략적 검토가 필요하다. 다시 말해 에너지 산업에 적절한 장기 예보 정보가 생산 가능할 뿐만 아니라 제대로 서비스될 때 유용한 정보 활용이 가능하다. 이 가운데 정보의 생산은 기상청과 같은 국가 기관이나 연구소, 기상 정보 제공 업체 등 전문 기관을 통해 이루어지므로 에너지 산업을 위한 정보 생산의 발전 또한 이들 기관의 계획이나 수행능력 등에 의존할 수밖에 없다. 따라서 정보 생산과 관련하여 구체적인 발전 방안의 수립은 본 연구의 범위를 벗어나는 것으로 판단하고 정보 활용 측면에 초점을 두고자 한다. 하지만 여기서는 선행연구나 설문조사를 통해 요구되고 있는 사

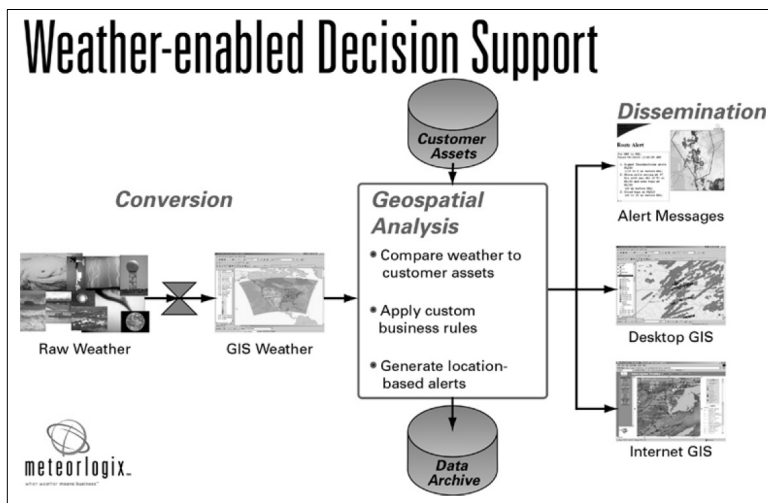


그림 1. GIS 기반의 기상 관련 의사 결정 지원 활용 방안 예시

출처 : Schnaider, 2004

향을 간략히 제시함으로써 발전의 지향점을 모색하는데 기여하고자 한다.

에너지 산업에 필요한 기상(예보) 정보를 다룬 연구 및 장기 예보를 실제 활용한 연구 등을 살펴본 결과는 다음과 같다. 우선 에너지 산업과 관련하여서는 매우 다양한 정보가 요구되고 있다. 에너지 산업은 에너지의 생산, 운송, 소비 등 전 영역에 걸쳐 있고 각 분야마다 비슷하거나 다소 상이한 정보가 요구되고 있다. 예를 들어 Dutton(2010), Lemaître(2010) 등은 에너지 생산과 관련하여서는 극한 날씨, 일조량, 풍속, 강수 및 증발, 기온 등이, 에너지 소비와 관련하여서는 기온이나 일조, 운량 등이, 에너지 운송과 관련하여서는 바람이나 착빙, 번개, 극한 날씨 등이 유용한 변수가 되는 것으로 제시하고 있다.

다음으로 에너지 산업에 실제 활용되기 위해서는 생산되는 장기 예보 정보가 상당히 구체적일 필요가 있다. 즉, 장기 예보 정보는 확률에 기초하는 것이 당연할 수 있으나 그 형태는 보다 구체적인 특정 값 혹은 값의 범위에 대한 정보로 제시될 필요가 있다. 예를 들어 Yeh *et al.*(1982), Hamlet *et al.*(2002), Maurer and Lettenmaier (2004) 등은 수력 발전에서 강수 예보의 활용에 대한 연구를 수행하였는데, 구체적이고 정확한 강수 수치의 필요성을 강조하고 있다. 즉, 유량의 변화를 통해 수력 발전의 용량을 계획하거나 개선하기 위해서는 강수량 변화에 대한 구체적인 정보가 요구되는 것이다.

이러한 요구는 국내 에너지 관련 업체를 대상으로 수행된 설문조사 결과에서도 확인이 된다. 2011년 7월에 156개 기관을 대상으로 수행된 설문 조사에서 결과, 기온이나 강수 외에 태풍이나 장마, 바람 등 보다 다양한 정보에 대한 요구가 나타나는 것으로 파악되었다. 이와 함께 지역별로 정확한 날씨나 기온 및 강수량에 대한 요구나 보다 단기기간의 혹은 장기기간에 대한 정보 요구도 나타났다. 전반적으로 선행 연구를 통해 살펴본 내용과 다르지 않음을 발견할 수 있었다.

한편, 이와는 다른 측면에서의 발전 방안을 논의하는 연구들도 있는데, 특히 의사결정의 맥락을 보다 명확히 지원하는 정보가 필요하다는 지적이 제기되고 있다. 예를 들어 Lu(2011)는 의사결정이 이루어지는 맥락에 따라 다양한 시공간 스케일을 지원하는 기후 정보가 필요하며, 특히 기상이나 기후 자체에 대한 정보만이 아니라 이와 연관된 다른 환경 혹은 사회경제적 정보를 통합하는 데이터나 정보가 요구됨을 주장하고 있다. 이러한 논

지는 Lugon(2010)에서도 나타나고 있는데 효과적인 기상 또는 기후 서비스가 되기 위해서는 구체적인 행동과 연결되는 의사결정지원 도구로 이식될 수 있어야 함을 주장하고 있다. 요컨대, 정보의 생산과 관련하여서는 에너지 산업을 고려한 보다 다양한 정보의 생산, 보다 구체적이고 정확한 정보의 생산, 이와 더불어 제공되는 정보의 시공간 단위 다양화 등이 향후 지향점으로 제시될 수 있을 것으로 판단된다. 하지만, 전술한 바와 같이 본 연구에서는 원천 정보의 생산과 관련된 세부 내용은 논외로 하여 정보의 활용과 관련된 발전 방안을 집중적으로 살펴보기로 한다.

2. 현황 분석 및 개선 방안

에너지 산업을 위한 장기 예보 활용의 고도화 방안을 모색하기 위해 기존 기상청의 인터넷 홈페이지를 통해 서비스 되고 있는 장기 예보 서비스를 분석하였다(그림 2 참조). 이를 위해 제공되고 있는 정보의 내용과 서비스 방식을 집중적으로 살펴보았으며, 기상청 장기 예보 담

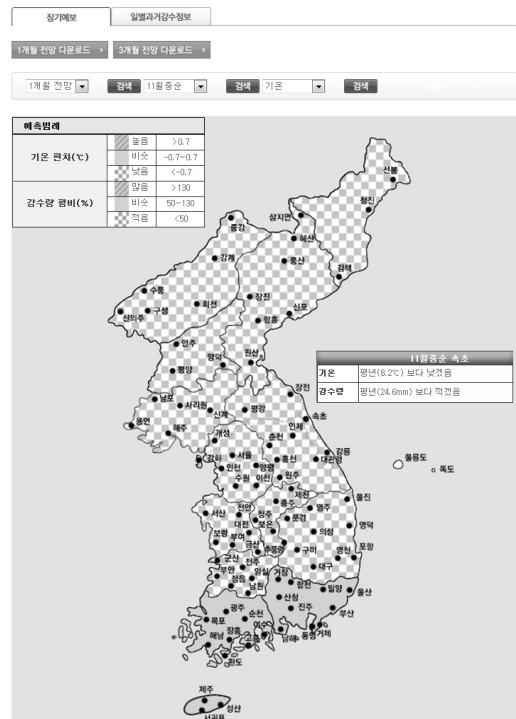


그림 2. 기상청 장기 예보 인터넷 서비스 화면(1개월 예보)
출처 : 기상청, <http://www.kma.go.kr/weather/forecast/long-range1.jsp>

당자(기상청 기후예측과)와의 인터뷰 등을 통해 보완하였다. 정보의 내용과 관련하여서는 기상청에서 생산하는 예보 정보, 다시 말해 원천 정보의 범위 내에서 활용성을 검토하였다. 즉, 원천 정보 자체의 종류나 내용, 시간 및 공간 단위 등은 본 연구의 논의 대상이기 보다는 기상청 장기 예보 자체의 장기적 발전과 연관 된다는 판단에서 제외하였다.

1) 서비스 개요

우선 기상청 장기 예보 서비스의 내용을 살펴보면 다음과 같다(표 1 참조). 장기 예보 서비스를 통해 제공되는 예보 항목은 기온과 강수량인데, 기온의 경우 평균기온에 대한 예측 정보만 제공된다. 이 두 항목에 대해 각 기 향후 1개월 및 3개월 예보가 제공되는데, 1개월 예보는 10일의 순(旬) 단위로 3개 시점의 정보가 제공되며, 3개월 예보는 1개월 단위로 3개 시점의 정보가 제공된다. 장기 예보의 공간 단위는 도 수준으로 남한의 경우 10개 예보 구역이 사용된다. 수도권(서울, 인천, 경기)이 하나의 구역인 반면 강원도는 영서와 영동의 2개 구역으로 분할되어 있고, 나머지 지역은 도 경계를 따르고 있다. 예측 정보와 관련된 부가 정보(30년 평년 기온 및 강수량)는 주요 관측 지점(60개)에 대해 제공되고 있다.

장기 예보 서비스는 크게 웹 페이지와 부가 문서(pdf)를 통해 이루어지고 있다. 웹 페이지 상의 정보는 예보 주제도 이미지를 기반으로 제공되고 있는데, 구역별 예측 정보 및 예측 정보의 해석을 위한 부가 정보(범례), 주요 지점별 평년 정보가 제공되고 있다. 부가 문서 상

에는 조금 더 상세한 정보가 제공되고 있다. 예보 구역별 예측 주제도와 표가 함께 제공되는데, 표 상에는 해당 구역에 속하는 지점 값을 바탕으로 한 평년 값의 범위(즉, 최소 지점의 값과 최대 지점의 값)가 병기되어 있다(표 2). 대표 지점(7개)에 대해서는 예보 시점과 동일한 시점에 대한 기온 및 강수량의 평년 값이 별도 표로 제공되고 있는데, 기온의 경우 평균기온과 함께 최고기온 및 최저기온이 함께 제공된다. 부가 문서 상에는 또 다른 참고 정보가 포함되어 있는데 예보 시점을 기준으로 직전 1개월 및 3개월 간의 관찰 값 변화 그래프(그림 3)와 분포도가 그것이다. 이들은 예보가 이루어지는 기준 시점의 직전 시기에 대해 평년 값과 실제 관찰 값의 전국 평균적인 변화 추세와 그 편차 정보를 제공한다.

2) 장기 예보 정보 및 서비스의 활용성 검토

서비스 내용에 대한 파악을 바탕으로 장기 예보 정보의 구체적인 내용과 서비스 방식에 대한 활용성을 검토하였다. 우선 가장 중요한 예측 정보를 보다 구체적으로 살펴보면, 최종적인 정보의 내용은 30년 평년 값(1981~2010년 평균)과의 비교치 형태를 취하고 있다. 즉, 해당 지역의 기온 및 강수량이 평년에 비해 높음, 비슷함, 낮음의 3범주 형태로 주어진다. 평년에 비해 높음, 비슷함, 낮음이라는 정보가 어느 정도 수준인지에 대한 이해를 돕기 위해 예측 범례를 별도로 제시하고 있다. 예를 들어 그림 2를 보면 1개월 예보의 경우 어느 한 구역의 기온이 평년에 비해 높을 것으로 예측 되었다면 이는 평년에 비해 0.7도 더 높을 것이라는 의미이다. 비슷하게, 강수량의

표 1. 기상청 장기 예보 인터넷 서비스의 내용

구분		내용
예보 항목		기온(평균기온) 및 강수량
시간 단위		1개월 예보: 순 단위 3개월 예보: 월 단위
공간 단위		예측 정보: 10개 예보 구역(시도 수준) 평년 정보: 주요 지점
제공 정보	웹페이지	예보 구역별 예측 주제도 및 예측 정보의 해석을 위한 범례 주요 지점별(60개) 평년 값(평균기온 및 강수량)
	부가(PDF)문서	예보 구역별 예측 주제도 및 예측 정보의 해석을 위한 범례 예보 구역별 예측 표(평년 값 병기: 최소 지점 및 최대 지점 값) 대표 지점(7개)별 평년 값(평균기온, 최저기온, 최고기온, 강수량) 직전 시점에 대한 관찰 값 분포도(등치선도) 및 평년과의 편차 직전 시점에 대한 관찰 값 그래프(전국, 일별) 및 평년과의 편차

표 2. 부가 문서(PDF)를 통해 제공되는 예측 표 예시(1개월 예보)

순별 지역	11월 상순	11월 중순	11월 하순
전국(북한제외) 평균	평년(7~16°C)보다 높겠음	평년(4~14°C)과 비슷하겠음	평년(2~12°C)보다 높겠음
서울·인천·경기도	평년(9~11°C)과 비슷하겠음	평년(6~7°C)과 비슷하겠음	평년(3~5°C)보다 높겠음
강원도 영서	평년(7~8°C)과 비슷하겠음	평년(4~5°C)과 비슷하겠음	평년(2~3°C)보다 높겠음
강원도 영동	평년(11~12°C)과 비슷하겠음	평년(8~9°C)과 비슷하겠음	평년(6~7°C)보다 높겠음
대전·충청남도	평년(8~11°C)보다 높겠음	평년(6~8°C)과 비슷하겠음	평년(3~6°C)보다 높겠음
충청북도	평년(7~10°C)보다 높겠음	평년(4~7°C)과 비슷하겠음	평년(2~4°C)보다 높겠음
광주·전라남도	평년(11~13°C)보다 높겠음	평년(8~11°C)보다 높겠음	평년(6~9°C)보다 높겠음
전라북도	평년(11°C)보다 높겠음	평년(8°C)과 비슷하겠음	평년(6°C)보다 높겠음
부산·울산·경상남도	평년(9~14°C)보다 높겠음	평년(6~11°C)과 비슷하겠음	평년(4~10°C)보다 높겠음
대구·경상북도	평년(8~13°C)보다 높겠음	평년(5~10°C)과 비슷하겠음	평년(3~8°C)보다 높겠음
제주도	평년(15~16°C)보다 높겠음	평년(13~14°C)보다 높겠음	평년(11~12°C)보다 높겠음
평안남북도·황해도	평년(1~9°C)과 비슷하겠음	평년(-3~6°C)과 비슷하겠음	평년(-6~3°C)과 비슷하겠음
함경남북도	평년(-3~11°C)과 비슷하겠음	평년(-7~8°C)과 비슷하겠음	평년(-11~6°C)과 비슷하겠음

출처 : 기상청, <http://www.kma.go.kr/weather/forecast/long-range1.jsp>

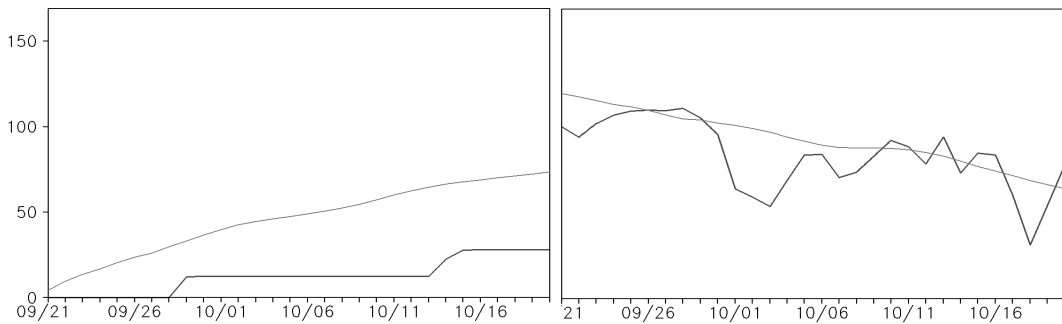


그림 3. 부가 문서(PDF)를 통해 제공되는 직전 1개월 변화 그래프 예시(좌: 평균기온, 우: 강수량)

* 가는 실선은 평년 값을, 굵은 실선은 올해의 실제 관측 값의 변화를 나타낸다.

출처 : 기상청, <http://www.kma.go.kr/weather/forecast/long-range1.jsp>

경우 평년에 비해 비슷하다는 지표의 의미는 평년 강수량에 비해 50~130%내의 범위에 해당할 것임을 나타낸다.

현재 제공 중인 정보의 내용을 활용성 측면에서 검토해보면 다음과 같은 어려움을 발견할 수 있다. 첫째, 예측 정보가 예보 구역별 평년 값에 의존적인 형태로 주어지고 있지만 평년 값에 대한 정보를 쉽게 파악하기 어려워 예측 정보의 해석이 쉽지 않다. 즉, 예측 정보를 제대로 활용하기 위해서는 평년 값에 대한 정보가 적절하게 주어질 필요가 있지만, 현 서비스의 경우 그렇지 못해 활용성이 제한적일 것으로 판단된다. 물론 웹 서비스 지도에는 각 예보 구역에 포함된 주요 관측 지점별로 평년 정보가 부가적으로 주어지고 있다. 하지만 이는 지점의 정보이지 예보 구역에 대한 정보는 아니다. 그래서 이

지점 정보는 사용자에게 따라서는 잘못된 해석을 유도할 수 있을 것으로 판단된다. 예를 들어 어느 한 예보 구역의 기온이 평년 보다 높다고 예측된 상황에서 그에 속한 특정 지점의 평년 값을 조회하게 될 경우, 해당 지점에서의 기온이 그 지점에서의 평년 기온 보다 높을 것이라는 국지적 정보로 해석될 여지를 준다. 하지만 실제로는 예보 구역이 평년 값의 비교 기준이기 때문에 지점별 예측 정보로 해석되기에는 무리가 있다. 즉, 해당 구역 전체의 평균적인 기온이 그 구역의 평균적인 평년 값과 비교되는 것으로 해석될 수 있어야 한다.

이와 관련하여 부가 문서에 포함된 예측 정보 표에 예보 구역별로 평년 값 정보가 제시되어 있으나 이 역시 해당 구역 내 지점별 평년 값에 기초하여 최소 값과 최대

값이라는 범위 형태로 주어지고 있고 있어 직관적인 이해에는 무리가 있다. 예를 들어 예측 표 상에 수도권의 평년 기온이 15~18도이고, 다음 달의 기온이 평년보다 높다고 제시된 경우 이의 의미를 해석하기가 쉽지 않다. 단순히 다음 달 수도권의 기온은 15~18도 보다 높다거나 15도와 18도의 평균 값보다 높다고 해석될 수 있지만 명확하게는 15~18도의 범위를 갖는 여러 관측 지점별 평년 기온을 평균한 값보다 더 높을 것이라는 형태로 해석될 수 있어야 한다.

평년 정보가 명확하게 주어지지 않는 문제와 더불어 예측된 기온과 강수량의 수준을 가늠할 수 있는 지표가 평년 값 하나로만 주어지고 있다는 점도 활용성을 제약할 수 있다. 평년 정보는 30년이라는 비교적 긴 시간을 대상으로 하는 값이기 때문에, 예를 들어 그 평년 값이 최근 10년이나 5년 평균 값과 같이 보다 최근의 추세 값에 비해서는 어떠한지에 대한 비교 해석이 어렵게 된다. 즉, 예측 정보 자체는 평년 값과의 비교치로 주어지더라도 부가적으로 최근의 변화 양상을 고려할 수 있는 방안이 부재하다는 것이다.

부가 문서의 경우 예보 시점을 기준으로 직전 1개월(1개월 예보) 혹은 3개월(3개월 예보) 간의 기온 및 강수량 변화 추세를 보여주는 그래프(그림 3)가 포함되어 있는데 이는 전국 평균 정보로 예보 구역별 정보가 제시되지 않아 정보 활용이 제한적이다. 마찬가지로 직전 시점에 대한 분포도의 경우는 전국 대상의 등치선도 형태로 제공되는데, 이 역시 예보 값이 발표되는 구역별 정보가 제공되지 않아 활용성이 제약되는 것으로 판단된다.

예보 정보의 내용적 측면에서 제기될 수 있는 두 번째의 활용상의 어려움은 에너지 산업과 같은 특정 분야에 초점을 둔 서비스가 되지 못하고 있다는 점이다. 기상청에서 생산하는 원천 정보 자체에 크게 의존하는 것이기는 하지만 에너지 산업을 위한 맞춤형 가공 정보가 전무하다. 물론 기온 및 강수량은 다양하게 활용될 가능성이 있는 원재료이지만 에너지의 생산이나 공급 계획 등 보다 구체적인 과정이나 분야에서 직접적으로 활용되기에는 제한이 있는 것으로 판단된다.

장기 예보 정보의 서비스 측면의 활용성 또한 살펴보았다. 앞서 언급한 바와 같이 현 서비스는 지도 기반의 웹 페이지 정보와 별도 문서 정보로 구분되어 있다. 부가 문서에 보다 많은 정보가 포함되어 있으나 웹 페이지와 유기적인 연계가 이루어지지 못하기 때문에 정보의

종합적인 활용이 용이하지 않다. 예를 들어 예측 정보는 웹 페이지 상의 지도로 표현되어 있지만 이와 연계되어 있는 평년 정보는 개별 지점을 조회하기 전까지는 알 수 없다(구역별 평년 정보의 부재는 논외로 하더라도). 또한 예측 주제도와 관련된 부가적인 표나 그래프는 별도 문서를 다운받아 확인해야만 정보를 확인할 수 있어 하나의 환경에서 동시적인 조회나 연계 활용이 쉽지 않다.

3) 장기 예보 활용의 개선 방안

현행 장기 예보의 활용성에 대한 검토를 바탕으로 정보와 서비스 방식의 두 측면에서 개선 방안을 살펴보았다(그림 4 참조). 우선, 정보의 개선에서는 기본적으로 기상청에서 생산하는 예보 자체를 개선해야 하는 예측 정보 보다는 관측 정보 및 이에 기초한 가공 정보를 보완하는 방향을 설정하였다. 하지만 예측 정보에서도 일부 개선을 시도하였는데, 현행 서비스로는 예측 정보의 해석을 위해 예측 결과(평년과의 비교 값)와 범례 및 평년 정보가 동시에 고려되어야 하는 불편함을 다소 해소할 필요가 있다. 특히 예측 결과와 범례를 구분하는 방식을 통합하고자 하였는데, 이를 위해 평년 값과 예측 범례 상의 변화 폭을 결합한 예측치를 제안하였다. 예를 들어 그림 2에서 평년 기온이 10도이고, 향후 1개월간 평년보다 높을 것으로 예측되었다면 실제로 그 지역은 10도보다 0.7도 높다기 보다는 10.7도보다 높을 것으로 정보를 제시하는 방식이다(표 3).

관측 정보에서는 예보가 시도 수준의 구역 단위로 이루어지므로 이와 비교되도록 구역별 평년 정보를 제공하는 것이 바람직하다. 또한 이 관찰 정보와 관련하여 평년 값뿐만 아니라 과거로부터의 변화 추세를 파악할 수 있도록 시계열 정보의 제공을 강화할 필요가 있다. 이 시계열 정보는 예보 시점과 동일한 시점에 대한 과거 연도별 변화 양상이나 보다 최근의 평균적 경향을 평년 값과 함께 비교할 수 있도록 한다. 예를 들어 예보 시점이 2011년 12월이라면 12월의 평년 기온과 함께 최근 10년 간의 연도별 12월 기온이나 최근 5년간의 평균 12월 기온을 함께 제시하여 비교하는 방식이다.

예보 구역별 관측 정보의 강화와 함께 에너지 산업에 보다 초점을 둔 정보의 제공도 필요하다. 기온의 경우 난방도일(HDD: heating degree days) 및 냉방도일(CDD: cooling degree days), 강수량의 경우는 수량 정보를 제안하였다. 난방도일은 난방에 필요한 열량을 추정하는데 사용되는데, 난방 기준 온도에서 일평균 기온을 뺀

구분	개선 내용	
정보의 개선	예측 정보	<ul style="list-style-type: none"> 예보 구역별 기온 및 강수량의 평년 대비 예측 (범주형)* 예보 구역별 기본 정보(기온 및 강수량) 및 에너지 산업 관련 정보의 예측치(평년 값 + 범례 상의 편차)
	관측 정보	<ul style="list-style-type: none"> 주요 지점별 평년 기본 정보(기온 및 강수량)* 주요 지점별 평년 및 연도별 기본 정보(기온 및 강수량) 예보 구역별 평년 및 연도별 기본 정보(기온 및 강수량) 예보 구역별 에너지 산업 관련 평년 및 연도별 정보(냉방도일, 난방도일, 수량)
	부가 정보	<ul style="list-style-type: none"> 직전 시점에 대한 예보 구역별 평년 정보와 관측 정보의 추세 및 편차(또는 평년비)* 예보 시점에 대한 관측 정보의 예보 구역별 편차(또는 비)
서비스 방식의 개선	<ul style="list-style-type: none"> 예측 정보와 관측 정보, 부가 정보 간의 유기적 연계 예측 정보와 예측 범례의 결합 지도, 표, 그래프의 유기적 연계: 통합 인터페이스 환경 	

그림 4. 장기 예보의 활용성 제고를 위한 개선 방안

*표시가 된 기능은 기계공되고 있는 정보를 나타낸다.

표 3. 예측 범례와 평년 값을 결합한 예측치 제시 방안

평년과의 비교	1개월 예보		3개월 예보	
	기온(°C)	강수량(%)	기온(°C)	강수량(%)
높음	> 평년값+0.7	> 평년값*130	> 평년값+0.5	> 평년값*120
비슷	평년값-0.7 ~ 평년값+0.7	평년값*50 ~ 평년값*130	평년값-0.5 ~ 평년값+0.5	평년값*70 ~ 평년값*120
낮음	< 평년값-0.7	< 평년값*50	< 평년값-0.5	< 평년값*70

편차 값을 일정 기간 단위로 합산하여 산출한다. 반대로 냉방도일은 냉방에 필요한 에너지의 크기를 추정하는데 사용되며, 일평균 기온에서 냉방 기준 온도를 뺀 편차 값을 일정 기간 단위로 합산하여 산출된다(이관호 등, 2008). 따라서 난방도일과 냉방도일은 냉난방을 위한 에너지의 사용과 관련하여 주요하게 사용될 수 있는 지표가 된다(Dutton, 2010).

강수량의 경우 기온에 비해 에너지 산업 맞춤형 정보를 산출하기가 쉽지 않다. 에너지 산업과 관련하여 일반적으로 강수량은 주로 수력 발전의 생산에 관계하며, 극단적 강수(즉, 홍수나 가뭄)는 에너지의 전송에도 영향을 미친다(Dutton, 2010; Lemaître, 2010; Michaelowa et al., 2010). 강수량이 수력 발전에 도움을 주긴 하지만 그 정도는 해당 지역(유역)의 지형이나 유출률, 증발률, 담수량 등 국지적 조건에 매우 의존적이기 때문에 일반적인 지표나 지수로 제시하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 가장 기초적인 수준에서 예보 구역별 강수량과 면

적을 곱한 수량 정보만을 제안하기로 한다.

관측 정보에 기초한 부가 정보의 경우는 평년 값과 특정 관측 값 간의 비교나 지역 간 편차(혹은 비중) 등의 정보를 제공한다. 예보가 이루어지는 기준 시점의 직전 시점에 대한 평년 정보와 관측 정보 간의 편차(혹은 평년비) 정보는 현재 부가문서를 통해 전국 단위 혹은 연속적인 분포도로 제공되고 있지만 이를 예보 구역 단위로 제공할 필요가 있다. 이 정보는 예보 구역 차원에서 직전 1-3개월 간 관측 값과 평년 값의 추세로, 이를 통해 예보 시점의 예측 정보 활용에 참조가 될 수 있도록 한다. 이에 더하여 예보 시점에 대한 평년 값의 지역 간(예보 구역) 비교를 제공함으로써 기온의 지역간 편차나 강수량의 지역간 비중을 참조할 수 있도록 한다.

서비스 방식의 개선과 관련하여서는 먼저 기본적으로 상호작용적인 서비스가 필요하다. 특히 정보의 개선과 함께 제공되는 정보의 종류가 증가하게 될 것으로 예상되므로 사용자가 원하는 정보만을 선택적으로 제공할

수 있어야 한다. 예를 들어 사용자는 지점별 정보는 제외하고 구역별 예측 정보와 평년 정보만을 지도 상에 디스플레이 하기를 원할 수 있다. 즉 불필요한 정보는 손쉽게 제외하고, 원하는 정보는 하나 혹은 둘 이상을 동시에 제시하고 비교될 수 있어야 한다. 현행 서비스에 보다 초점을 두어 살펴보면 정보 제시 측면이나 도구 혹은 기능 측면에서 모두 연계성이 부족한 측면을 보완할 필요가 있다. 예를 들어 기본적으로 예측 정보(범주)와 평년 정보는 중첩 디스플레이 될 수 있어야 사용자에게 즉각적인 정보 제공이 가능하다. 또한 앞서 언급한 것처럼 예측 범례에 표현된 평년과의 변화 폭을 별도로 분리하지 않고 평년 정보에 결합하여 제시하는 방식이 추가적으로 필요하다. 끝으로 지도나 표, 그래프 등 정보를 전달하는 각종 매체를 하나의 통합 환경에서 디스플레이 하거나 서로 연계 표현될 수 있도록 할 필요가 있다. 이와 같은 개선을 위해서는 GIS 기반의 서비스가 가장 효율적인 수단이 될 것으로 판단된다.

IV. GIS 기반의 장기 예보 활용 프로토타입 시스템 개발

1. 시스템 개요

지금까지의 논의를 바탕으로 에너지 산업을 위한 장기 예보 정보의 활용성을 제고하기 위한 프로토타입 시스템을 설계하고 구현하였다. 본 연구에서는 장기 예보 정보의 활용성을 제고하기 위한 기반으로 GIS의 도입을 제안하였는데, 본 프로토타입 시스템은 GIS 기반 장기 예보 서비스의 실행 방안을 제시함과 동시에 그 유용

성을 살펴보는 계기가 될 것으로 판단된다.

앞서 현행의 장기 예보 서비스가 보다 발전하기 위해서는 다양한 부가 정보의 가공 생산과 서비스 방식의 개선이 필요함을 지적하였다. 이러한 개선과 관련하여 GIS 기반의 장기 예보 활용 시스템은 서비스용 정보를 관리하거나 가공 생산하는 정보 제공자의 측면과 주어지는 정보를 이용하는 최종 사용자 모두에게 유용한 도구가 된다. 정보 제공의 측면을 살펴보면, 기상청에서 생산하는 원천 자료(지점별 관측자료 및 구역별 예보자료)가 입력되면 GIS를 통해 최종 사용자에게 서비스될 수 있는 정보의 생산이 자동화 될 수 있다. 예를 들어 주요 지점별 관측자료로부터 구역별 관측자료를 가공하거나, 문자 혹은 숫자로 주어지는 예보 정보를 지도화하는 과정이 효율적으로 이루어질 수 있다. 특히 이런 자동화 과정은 기상 예보와 같이 데이터의 갱신이 매우 빈번하게 발생하는 경우에 유용할 것으로 판단된다. 한편, 최종 사용자의 경우는 단순한 ‘그림’ 지도의 확인에서 더 나아가 지도와 그래프, 표 등이 유기적으로 연계된 통합 환경에서 풍부한 데이터를 살펴볼 수 있게 된다. 즉, GIS의 도입은 정보를 단면이 아니라 입체적으로 파악할 수 있는 기회를 제공해 줄 수 있다.

따라서 장기 예보 활용 시스템은 궁극적으로 원천 자료의 관리 및 부가 정보의 가공 생산과 최종 사용자를 대상으로 한 정보 서비스라는 두 부문으로 구성된다(그림 5). 앞서 기술한 것처럼 본 연구에서는 프로토타입 시스템으로 제시되지만 이는 향후 본 시스템으로 확장될 수 있다. 특히 본 프로토타입 시스템은 연구 여건 상 일종의 독립형 시스템으로 구현되지만 데이터베이스의 관리나 정보 서비스 등과 관련하여 기상청의 다른 시스템과 연계될 필요가 있다. 본 프로토타입 시스템은 ESRI

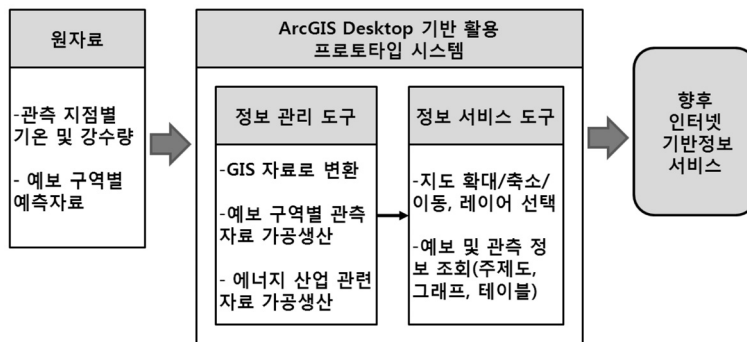


그림 5. 프로토타입 활용 시스템의 전체 구성

의 ArcGIS Desktop(10.0)을 기반으로 구현되었는데, 정보 관리의 경우 데스크톱 GIS가 유효하겠으나 정보 서비스의 경우는 향후 인터넷 서비스 기반으로 구현될 필요가 있다. 특히 Open API 등 Web 2.0 및 지리공간 웹 기술을 바탕으로 서비스가 구현될 경우 상호작용적 정보 서비스는 물론 사용자의 참여와 협동을 통해 새로운 지식이나 서비스를 생산할 수 있는 체계의 구현이 가능해진다.

2. 세부 기능 설계 및 구현

1) 정보 관리 도구

정보 관리 도구는 기상청에서 주어지는 원천 자료의 입력을 통해 최종 서비스용 정보를 구축 및 가공 생산하는 역할을 담당한다. 기상청에서 주어지는 원천 자료를 크게 두 가지 종류로 하나는 지점별 관측자료이며 다른 하나는 구역별 예보 정보이다. 이 두 원천 자료는 기본적으로 엑셀 표와 같은 테이블로 주어지는데, 정보 관리 도구를 통해 다음과 같은 일련의 과정을 거쳐 GIS 기반의 DB로 구성된다(그림 6).

먼저 지점별 관측 원자료로는 일단위 연도별 자료 및 일/순/월단위 평년 자료가 주어진다. 일단위 연도별 자료는 1981년~2010년 간의 30년 간에 대한 일단위 관측 자료이며, 평년 자료는 이와 같은 기간에 대한 평균 자료이다. 지점별 관측 자료는 일 단위로만 주어지므로

이를 통해 순 및 월단위 연도별 자료를 가공 생산할 필요가 있다. 예를 들어 1981년 1월 1일에서 1월 31일의 데이터로부터 1월 상순/중순/하순의 자료와 1월 전체의 자료를 가공하는 방식이다.

지점별로 일/순/월 단위의 연도별 자료 및 평년 자료가 모두 구성되면 이로부터 구역별 정보를 가공 생산하게 된다. 특히 예보에서 제시되는 평년 값과의 비교치는 예보 구역을 대상으로 하므로 지점별 평년 값으로부터 구역별 평년 값이 산출되어야 한다. 평년 뿐만 아니라 각 연도에 대한 구역별 자료 또한 변화 추세에 대한 정보로 가공 생산된다. 구역별 관측 자료의 가공이 이루어지게 되면, 이로부터 부가적으로 에너지 산업 관련 자료를 산출할 수 있게 된다. 전술한 바와 같이 기온의 경우 난방도일과 냉방도일을, 강수량의 경우는 수량을 기초 지표로 제시하였다. 에너지 산업 관련 자료 또한 연도별 자료와 평년 자료 모두에 대해 산출하는데, 난방도일과 냉방도일의 경우는 일단위 자료로부터 순 및 월단위 값을 산출한다.

지점별 관측 자료로부터의 가공 생산에 이어 예보 구역별 예측 자료에 대한 가공 생산도 이루어져야 한다. 예보 구역별 예측 원자료는 각 구역별로 평년과의 비교 범주(평년보다 높음, 비슷함, 낮음)로만 주어진다. 이 자료는 기초적으로 지도화를 위해 예보 구역 수치지도(레이어)와 연계되고 주제도로 작성되어야 한다.

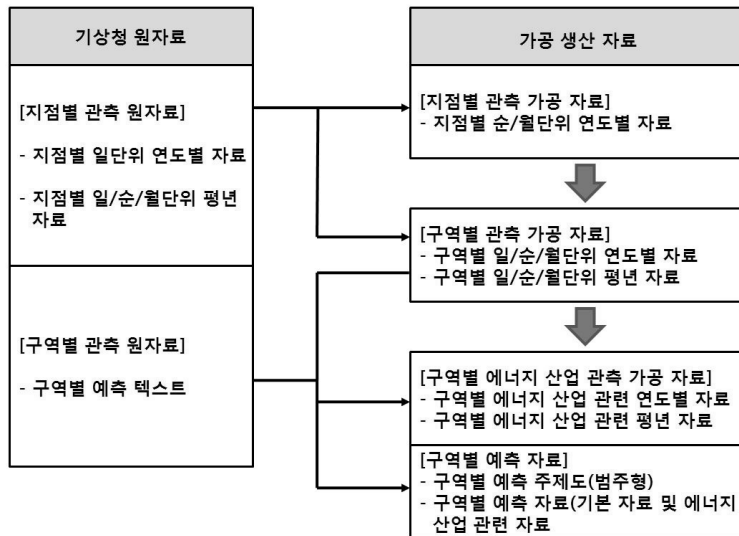


그림 6. 정보 관리 도구를 통한 GIS DB의 구성 절차

표 4. 기상청 지점별 관측 자료(원자료)의 예시

지점ID	년월일	평균기온	최고기온	최저기온	강수량
100	19810101	-8.5	-2.4	-12.5	5.9
100	19810102	-13.6	-9.1	-17.3	0
100	19810103	-16.9	-12.4	-19.2	
100	19810104	-15.9	-9.8	-20.9	
100	19810105	-16.1	-10.4	-19.9	
100	19810106	-15	-9	-19.4	
100	19810107	-10.4	-4.1	-15.8	
100	19810108	-7.5	-2.5	-11.6	
100	19810109	-6	-2.5	-11.2	0
100	19810110	-12.3	-8.4	-14.5	.1

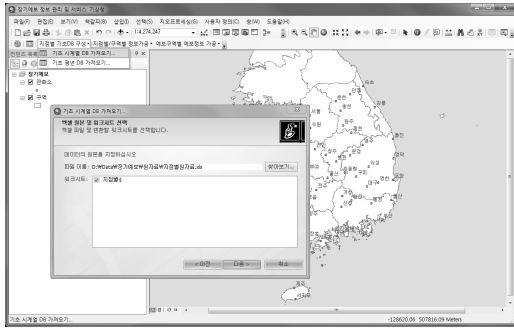


그림 7. 지점별 관측 자료를 입력하여 변환하는 구현 화면 예시

이 범주형 주제도는 그 자체로도 의미가 없는 것은 아니지만 효과적으로 활용되기 위해서는 평년 정보와 함께 제시될 필요가 있다. 이처럼 평년 정보와 예측 정보가 결합될 때 유의미한 의미 전달이 가능해지는데, 현행 서비스의 경우는 예측 범례를 통해 한 단계를 더 거쳐야 만이 완전한 이해가 가능해진다. 따라서 이 불편함이 해소될 필요가 있음은 앞서 지적한 바와 같고, 그 대안으로 평년 정보와 예측 범례의 결합이 가능함을 제시하였다. 따라서 예측 범주 주제도화와 함께 평년 정보에 예측 범례 상의 편차 값을 더한 예측 자료를 가공 생산할 필요가 있다. 이 예측 자료는 기온 및 강수량은 물론 에너지 산업 관련 변수에 대해서도 산출될 수 있다. 그림 7은 기상청의 지점별 관측 자료를 입력하여 GIS DB로 변환하는 과정을, 그림 8은 구역별 예보 자료를 입력 및 가공하는 과정을 보여준다.

2) 정보 서비스 도구

정보 서비스 도구는 최종 사용자에게 장기 예보 정보

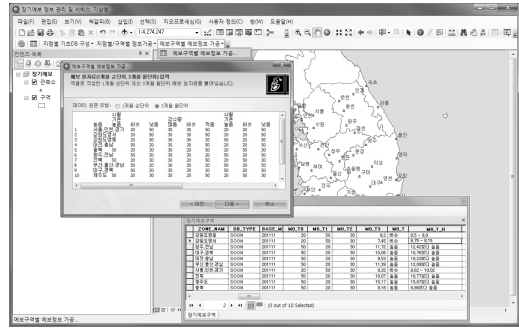


그림 8. 구역별 예보 자료를 입력하여 가공하는 구현 화면 예시

를 제공하게 될 통합 사용자 환경을 말한다. 여기서는 정보 관리 도구에서 구축 혹은 가공 생산한 정보를 사용자에게 효과적이고 효율적으로 전달하는 것이 매우 중요하다. GIS를 기반으로 구현되는 이 도구는 기본적으로 지도의 확대나 축소, 이동 등 탐색 기능과 함께 원하는 지도 레이어나 정보를 선택적으로 조회할 수 있는 유연성을 제공한다.

장기 예보와 관련하여 정보 서비스 도구는 크게 3가지 범주의 서비스를 제공한다. 우선 가장 기본적으로는 사용자의 선택에 따라 특정 시점에 대한 구역별 예보 정보를 조회하는 서비스이다. 여기에서는 구역별 평년 값과의 비교치로 제시되는 범주형의 예보 정보와 함께 평년 값을 동시에 주제도 형태로 제공하여 예보 정보에 대한 직관적인 해석이 가능하도록 한다(그림 9 참조). 평년의 기온 및 강수량 정보와 함께 냉방도일, 난방도일, 수량과 같은 에너지 산업 관련 평년 정보 또한 제공함으로써 이 정보들에 대한 예측 또한 해석할 수 있게 된다.

기존 인터넷 서비스처럼 이 서비스에서는 구역별 평

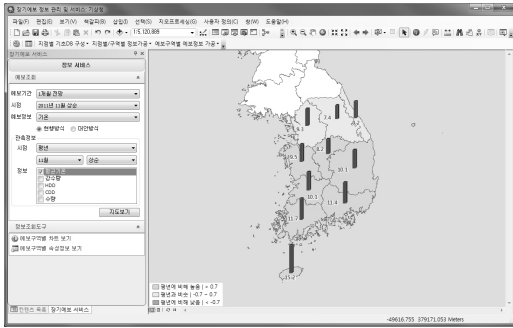


그림 9. 기온에 대한 예보 정보 및 평년 정보의 중첩 디스플레이 예시

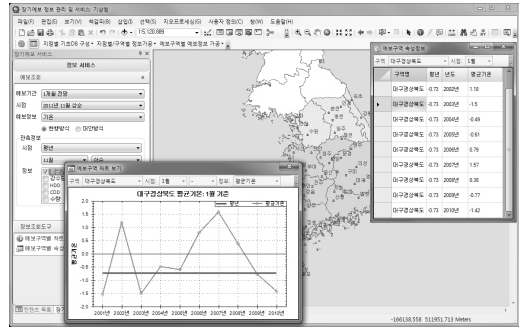


그림 10. 연도별 시계열 변화 그래프 및 표 도구 예시

년 정보와 예측 범례 상에서 제시된 편차 정보가 분리되어 있는데, 이와는 별도로 그 둘을 결합한 정보에 대한 조회 또한 제공한다. 이 정보 서비스에서 한 구역의 예보 정보는 예를 들어 “평년 15도에 비해 0.7도 더 높음” 이라기 보다는 “15.7도보다 더 높음”이라는 더욱 직접적인 형태로 제공된다. 이와 같은 서비스에는 기온 및 강수량으로부터 가공을 통해 생산되는 에너지 산업 관련 정보의 해석에 더욱 유용하게 사용될 수 있다. 예를 들어 한 구역의 평년 냉방도일이 100이고, 평년보다 0.7도보다 더 높을 것으로 예측된 경우 사용자는 0.7도의 상승분에 해당하는 값을 냉방도일에 합산하여 정보를 읽어야 한다. 따라서 이 경우 상승분에 해당하는 값을 미리 계산해 제공해 줌으로써 보다 효과적인 정보의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

두번째 범주의 서비스는 보다 상세한 정보를 제공하기 위한 도구들이다(그림 10 참조). 하나의 도구는 특정 예보 구역에 대한 연도별 관측 정보의 추세를 보여주는 그래프이다. 예보 대상 시점과 동일한 기간(예: 10월 상순)에 대해 각 연도별 관측 값을 시계열로 제시함으로써 변화 추세를 파악할 수 있도록 한다. 이 연도별 변화 추세 그래프는 평년 혹은 최근 수년(10년, 5년, 3년) 간의 평균 값과 비교함으로써 그 경향성을 보다 명확히 인식할 수 있도록 하고 있다. 또 다른 도구는 예보 구역 전체의 값을 한 눈에 파악할 수 있도록 하는 테이블이다. 범주로 표현된 정보의 세부 내용이나 특정 년도 및 평년 등의 정보를 지역 간에 파악할 수 있도록 한다. 또한 이 테이블 형식의 정보는 최종 사용자의 입장에서 ‘데이터’로 활용될 수 있는 기회를 제공해준다.

세번째 유형의 서비스는 두번째 범주의 도구를 보완

하는 부가적인 정보들을 제공한다. 우선 예보 구역별로 예보 시점의 직전 시기에 해당하는 기간에 대해 평년 정보와 실제 관측 정보 간의 비교를 그래프 형태로 제시한다. 이는 연도별 변화 추세라기 보다는 현재 시점에서 발생하고 있는 평년 정보와 관측 정보 간의 변이를 살펴볼 수 있도록 한다. 다른 하나의 도구는 앞서 테이블을 통한 지역 간의 비교에서 더 나아가 평년 정보나 시계열 정보 등의 지역 간 편차를 산출하여 주제도 형식으로 제공한다. 이는 에너지 산업 활동의 공간적 선택을 효과적으로 지원할 수 있을 것으로 기대된다.

그림 9와 그림 10은 GIS를 기반으로 구현된 장기 예보 정보 서비스 도구의 예시 화면을 보여준다. 앞서 서비스의 개선 방안에서 제시한 것처럼 지도와 그래프, 표가 하나의 통합 환경에서 유기적으로 연계될 수 있도록 함으로써 사용자에 대한 정보 전달의 효과를 고양하고자 하였다. 기본적인 조회는 현행 서비스와 유사하게 사용자가 조회할 변수를 선택할 수 있도록 하였고, 그래프 및 테이블은 별도의 도구 형태로 사용 가능토록 하였다.

3. GIS 기반 장기 예보 정보 활용 시스템의 활용성 검토

본 연구를 통해 개발된 GIS 기반 프로토타입 시스템은 기상청의 장기예보를 대상으로 최종 사용자에게 제공될 정보의 관리 및 가공, 그리고 이를 바탕으로 한 정보 서비스를 포괄하고 있다. 따라서 본 시스템은 장기 예보 서비스에 있어 GIS 기반 시스템의 가능성을 가늠할 수 있는 하나의 지표가 된다. 이를 살펴보기 위해 구현된 시스템에 대한 간략한 설문조사를 실시하였다.

2011년 12월 인터넷 사용자를 대상으로 온라인 설문 조사를 실시하여 총 51명의 의견을 수합하였다. 본 연구를 통해 개선된 시스템을 대상으로 활용성에 대한 의견을 조사하였는데, 대부분의 지표에서 긍정적인 평가를 나타냈다. 개선된 시스템이 현행 시스템에 비해 활용성이 더 높을 것으로 평가한 사람은 전체의 80%정도로 나타났다. 정보의 종류 추가, 다양한 사용자 선택 옵션 제공, 지도의 확대/축소/이동, 사용자가 원하는 정보만을 디스플레이(지도화), 둘 이상 정보의 중첩 및 비교, 그래프, 표 등의 도구를 통한 세부 정보 조회 등 활용도 제고를 위해 고려한 대부분의 요소들에 대한 만족도가 50% 이상으로 나타난 반면 불만 의견은 10% 수준으로 나타나 GIS 기반의 서비스가 효과적인 기반이 될 수 있음을 확인할 수 있었다.

그런데 위 결과는 대민 서비스 측면에만 국한되어 있는데, 보다 직접적으로는 정보의 가공과 서비스를 주관하는 기상청 장기 예보 서비스 업무에의 적용성 또한 검토될 필요가 있다. 이를 위해 장기 예보 업무를 담당하는 기상청 기후예측과에 이 시스템을 설치하였으며, 업무효율성 향상에 활용하도록 하였다. 업무 협의 과정에서 이 시스템은 현재 프로토타입 시스템 성격을 갖지만 일부 기능 확대로 시스템이 확장될 경우 현업 업무를 보다 효율적으로 지원할 수 있을 것으로 판단되었다. 하지만 보다 명확한 평가가 이루어지기 위해서는 보다 장기간의 활용을 바탕으로 한 피드백과 지속적인 기능 향상 및 검토가 필요함이 인식되었다.

V. 결론

기상 정보는 인간의 활동에 필요한 가장 기초적인 정보로 개인 및 조직의 다양한 의사결정에 활용될 수 있다. 본 연구에서는 기상 정보를 관리하거나 가공하여 서비스하는 일련의 과정에 있어 GIS가 갖는 유용성에 주목하여 특히 에너지 산업을 고려한 GIS 기반 정보 활용 시스템의 개발 방안을 제안하였다. GIS는 수시로 갱신되는 공간 자료의 성격을 갖는 기상 예보 정보의 관리 및 정보의 효율적인 전달 및 탐색을 위한 플랫폼이 된다. 기상청의 현행 장기 예보 서비스는 정보의 내용 측면이나 서비스 방식의 측면에서 개선이 필요하다. 정보의 내용과 관련하여서는 다양한 관측 정보의 제공과 특히 에

너지 산업에 보다 직접적으로 관련되는 정보의 제공이 이루어질 때 보다 높은 활용성을 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 서비스 방식과 관련하여서는 보다 상호작용적이면서 제공되는 정보 간의 유기적 연계가 이루어지는 형태로 구현될 필요가 있다.

이러한 개선 방안을 토대로 본 연구에서는 데스크톱 GIS 기반의 프로토타입 시스템을 설계하고 구현하였다. 정보 관리의 측면에서는 기상청에서 주어지는 원자료를 원자료를 입력하면 최종 사용자에게 서비스될 대부분의 정보를 자동 처리할 수 있었다. 정보 서비스의 경우는 현행 서비스에 비해 사용자가 다양한 방식으로 정보를 조회하고 탐색할 수 있도록 할 뿐만 아니라 지도와 그래프, 표 등을 통합 환경에서 활용할 수 있도록 한다. 결론적으로 GIS는 장기 기상 예보 서비스를 위한 정보의 관리 및 생산은 물론 서비스에 이르기까지 전 과정에 매우 효과적인 기반이 될 수 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구의 한계 및 과제는 다음과 같다. 우선 본 연구는 기상청에서 주어지는 원천 정보의 범위 내에서 이루어지는 활용 방안에 초점을 두었다. 따라서 원천 정보 자체의 개선에 대한 연구는 향후 별도의 연구를 통해 수행될 필요가 있다. 다음으로 본 연구에서 개발된 시스템은 프로토타입 시스템으로 기상청의 업무 및 수요 기관에서의 장기적인 활용에 기초한 적용성 검토가 충분히 이루어지지 못하였다. 이는 향후 시스템의 발전 과정에서 검토될 필요가 있는데, 여기에서는 특히 인터넷 기반의 정보 서비스에 대한 개발이 필요할 것으로 판단된다. 끝으로 본 연구의 사례 대상은 에너지 산업이었는데 원천 정보의 제약으로 인해 풍부한 정보를 제공하는데 어려움이 있었다. 이는 향후 원천 정보의 개선과 함께 발전될 필요가 있으며, 더불어 수요 기관의 구체적인 업무를 대상으로 의사결정을 지원할 수 있는 맞춤형 제작 모듈과의 연계 방안에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- 강부식 · 유승엽 · 고익환, 2007, “강수전망 가중양상불을 이용한 장기 확률유량예측,” 대한토목학회논문집, 27(2B), 183-191.

- 김기훈·변희룡, 2001, “통계적 방법에 의한 월강수량의 장기예보,” *대기지*, 11(1), 234-238.
- 김유근·이화운·임윤규, 1999, “GIS 자료를 이용한 도시의 인공열 산정,” *한국기상학회 학술대회 논문집*, 279-282.
- 김영신·이기봉·김희철, 2005, “국민소득 2만달러 달성의 성장엔진으로서 기상정보의 역할,” *대기지*, 15(1), 27-34.
- 김현욱·김동훈·한상욱, 2011, “대설 사례로 본 GIS를 이용한 재해 기상자료 가시화 방법,” 2011년도 한국기상학회 가을 학술대회 논문집, 246-247.
- 박원희·이재규, 2003, “GDAPS 수치 예측자료를 유사/반유사법에 적용한 장기예보,” *한국기상학회지*, 39(4), 491-501.
- 박혜진·이예숙·김정선·정준석, 2010, “WMO 장기예보 선도센터 자료를 활용한 확률예측의 여름철 예측성 비교 분석,” 2010년도 한국기상학회 가을 학술대회 논문집, 120-121.
- 성성철·이완호·서명석, 2004, “기상 GIS 가시화 시스템 구축,” *한국기상학회 학술대회 논문집*, 206-207.
- 안중배·홍자영·윤원태·최경희, 2009, “WMO 장기예보 선도센터 자료를 이용한 다중모델앙상블 기법 비교 연구,” 2009년도 한국기상학회 가을 학술대회 논문집, 502-503.
- 양영민·강인식·유진호·안경희, 2004, “기상정보가 사회 경제에 미치는 영향과 효과분석,” *한국기상학회지*, 40(2), 159-175.
- 윤진일·신만용·서애숙, 1998, “GIS를 이용한 전국 읍면단위 일 최고/최저기온 실태분포 생산,” *한국기상학회 학술대회 논문집*, 276-279.
- 윤원태·이우성·Krishnamurti, T.N., 2005, “합성 다중앙상블 기법을 사용한 강수량 계절 예보,” *한국기상학회지*, 41(2), 159-172.
- 이관호·유호천·노경환, 2008, “HadCM3를 이용한 서울 및 울산지역의 미래 냉난방도일 예측,” *한국태양에너지학회 춘계학술발표회 논문집*, 160-165.
- 임규호·최은호·이상원, 2011, “GIS tool을 이용한 비정규격자의 표출 시도,” 2011년도 한국기상학회 가을 학술대회 논문집, 36-37.
- 임우혁·이양원·서용철, 2010, “웹기반의 전지구적 기후환경변화 표출시스템,” 2010 한국지형공간정보학회 춘계학술대회, 203-204.
- 정재준·최영은, 2011, “GIS 기반 기후지도 제작을 위한 내삽 방법에 관한 연구,” *기후연구*, 6(2), 159-170.
- 홍기욱·서명석·나득균·장동호·김찬수·김맹기, 2007, “GIS와 PRISM을 이용한 고해상도 격자형 기온자료 추정,” *대기지*, 17(3), 255-268.
- Dutton, J.A., 2010, Weather, climate and the energy industry, in Troccoli, A. eds., *Management of Weather and Climate Risk in the Energy Industry*, Dordrecht: Springer, 3-23.
- Dyras, I., Dobesch, H., Grueter, E., Perdigo, A., Tveito, O.E., Thornes, J.E., van der Wel, F. and Bottai, L., 2005, The use of Geographic Information Systems in climatology and meteorology: COST 719, *Meteorological Applications*, 12(1), 1-5.
- Hamlet, A.F., Daniel, H. and Dennis, P.L., 2002, Economic value of long-lead streamflow forecasts for Columbia River hydropower, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 128(2), 91-101.
- Lemaître, O., 2010, Meteorology, climate, and energy, in Troccoli, A. eds., *Management of Weather and Climate Risk in the Energy Industry*, Dordrecht: Springer, 51-65.
- Lu, X., 2011, Provision of climate information for adaptation to climate change, *Climate Research*, 47, 83-94.
- Lugon, R., 2010, Climate information for decision making: lessons learned from effective user-provider communication schemes, http://graduateinstitute.ch/cig/CIGhome/climate/page8923_fr.html.
- Maurer, E.P. and Lettenmaier, D.P., 2004, Potential effects of long lead hydrologic predictability on Missouri River Main-Stem reservoirs, *Journal of Climate*, 17(1), 174-188.
- Michaelowa, A., Connor, H. and Williamson, L., 2010, Use of indicators to improve communication on energy systems vulnerability, resilience and adaptation to climate change, in Troccoli, A. eds., *Management of Weather and Climate Risk in the Energy Industry*, Dordrecht: Springer, 69-23.
- Smith, T.M. and Lakshmanan, V., 2006, Utilizing Google

- Earth as a GIS platform for weather applications, *Proceedings of 22nd International Conference on Interactive Information Processing Systems for Meteorology, Oceanography, and Hydrology*.
- Sznaider, R.J., 2004, *Operational uses of weather information in GIS-based decision support systems*, MxInsight™ Whiter Paper, Meteorlogix.
- Troccoli, A. ed., 2010, *Management of Weather and Climate Risk in the Energy Industry*, Dordrecht: Springer.
- Van der Wel, F., Perdigão, A., Madej, P., Barszczynska, M. and Kubacka, D., 2004, COST 719: interoperability and integration issues of GIS data in climatology and meteorology, *Proceedings of the 10th EC GI & GIS Workshop*, Warsaw, Poland.
- Wilhelmi, O.V. and Brunskill, J.C., 2003, Geographic Information Systems in weather, climate, and impacts, *American Meteorological Society*, 84(10), 1409-1414.
- Wolfenbarger, J.M., Greenfield, J.R., Cannon, T.A., Stanley, T.B., Hickmon, N.L. and McPherson, R.A., 2006, A powerful and easy-to-use weather display tool for PCs and Macs, *Proceedings of 22nd International Conference on Interactive Information Processing Systems for Meteorology, Oceanography, and Hydrology*.
- Yeh, W. W-G., Leonard, B. and Robert, Z., 1982, Worth of inflow forecast for reservoir operation, *Journal of Water Resources Planning and Management Division*, 108(3), 257-269.
- Yoon, W.T., Lee, W.S. and Krishnamurti, T.N., 2005, Seasonal prediction of precipitation using multi-model synthetic superensemble algorithm, *Journal of the Korean Meteorological Society*, 41(2), 159-172.
- 기상청, <http://www.kma.go.kr>
- ESRI, <http://www.esri.com>
- Meteorlogix, <http://www.meteorlogix.com>
- 교신 : 신정엽, 서울시 관악구 관악로 1, 서울대학교 사범대학 지리교육과 (이메일: geoshin@snu.ac.kr)
- Correspondence : Jungyeop Shin, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul, Korea, Department of Geography Education, Seoul National University (Email: geoshin@snu.ac.kr)
- 투 고 일: 2011년 12월 10일
심사완료일: 2011년 12월 15일
투고확정일: 2011년 12월 20일