

3차원 Web GIS 기반 풍력에너지 시설물 적지분석 시스템 개발*

김광득¹ · 윤창열¹ · 조명희² · 김성재^{3*}

Development of a Suitability Analysis System for Wind Energy Facilities Using 3D Web GIS*

Kwang-Deuk KIM¹ · Chang-Yeol YUN¹ · Myung-Hee JO² · Sung-Jae KIM^{3*}

요 약

최근 신재생에너지 자원에 대한 사회적인 관심 증대와 맞물려 IT(Information Technology) 기술과 공간정보기술의 급속한 발전에 따라 신재생에너지 분야에서도 GIS(Geographic Information System) 공간정보 분석 기술과의 융합을 통하여 체계적이고 과학적인 활용 방법들이 많이 연구되고 있다. 본 연구에서는 정확한 지형, 경계, 문화적 환경 요소들을 종합적으로 고려한 정확하고 정밀한 풍력에너지 시설물 적지분석 시스템 모듈 개발과 동시에 3차원 GIS 등과 같은 최신 공간 정보기술을 활용하여 정밀한 현장정보 구현과 3차원 결과물 표출, 3차원 객체 구현, 모의 등 풍력 신재생에너지 관련 종합정보를 관리할 수 있는 3차원 Web GIS 기반 풍력에너지 시설물 적지분석 시스템을 개발하였다. 이를 통하여 과학적인 신재생에너지 시설물 단지 조성 과 함께 정확하고 정량적인 정보 수집, 관리, 분석이 가능할 뿐만 아니라 실시간 정보제공체계 구축의 전환점을 마련할 수 있었으며 3차원 영상기반 신재생에너지 자원정보 관리시스템 구축을 통한 다양한 현장정보 분석이 가능함으로써 합리적 의사결정 지원을 할 수 있게 되었다.

주요어 : 신재생에너지, 풍력에너지 시설물, 적지분석, 3차원 Web GIS, 시뮬레이션

ABSTRACT

Recently, with an increased social interest in new and renewable energy resources, together with rapid advancement in IT(information technology) and spatial information technology, there have recently been a lot of attempts to find out methods to make

2012년 6월 15일 접수 Received on June 15, 2012 / 2012년 8월 15일 수정 Revised on August 15, 2012 / 2012년 9월 8일 심사완료 Accepted on September 8, 2012

* 이 논문은 신재생에너지 자원지도 및 활용시스템 구축사업의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

1 한국에너지기술연구원 Korea Institute of Energy Research

2 경일대학교 위성정보공학과 Department of Satellite Geoinformatics Engineering, Kyugil University

3 (주)지오씨엔아이 공간정보기술연구소 Institute of Spatial Information Technology Research, GEO C&I Co., Ltd

* Corresponding Author E-mail : kimsungjae97@hanmail.net

systematic and scientific use of information technology and spatial information technology, depending upon a fusion with GIS(Geographic Information System) spatial information technology in the field of new and renewable energy. This paper developed a suitability analysis system to conduct a correct and precise analysis of an ideal place for wind energy facilities in comprehensive consideration of topographic, economic, and cultural environments. It also used recent spatial information technology including 3D GIS to develop a supportive system for an analysis and decision making of an ideal place for 3D Web GIS-based wind energy facilities like a precise field information implementation, a 3D result display, a 3D object implementation, simulation, and so on. These systems make it possible to build scientific new-renewable energy facilities, to collect, manage and analyze information in an accurate and quantitative manner. In addition, they help serve as a turning point for the construction of a real-time information supply system. Furthermore, they can support rational decision making by making it possible to analyze a variety of forms of field information through building a system for the management of 3D image-based information on new-renewable energy resources.

KEYWORDS : *Renewable Energy, Wind Energy Facilities, Suitability Analysis, 3D Web GIS, Simulation*

서론

최근 고유가 시대를 맞이하여 에너지 절약 의식 강조와 더불어 기후변화협정으로 인한 환경 문제의 중요성이 강조되면서 화석연료의 청정화, 화석연료 사용량의 감소화, 에너지 절약 등 대체에너지 확보를 위한 신재생에너지의 필요성이 강조되고 있다. 신재생에너지는 신에너지 및 재생에너지개발·이용·보급촉진법 제2조의 규정에 의하면 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하여 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로 정의하고 있으며, 재생에너지 8개 분야(태양광, 태양열, 바이오, 풍력, 수력, 해양, 폐기물, 지열)와 신에너지 3개 분야(연료전지, 석탄액화가스화 및 중질산사유가스화, 수소에너지)를 합한 것을 말한다(한국에너지기술연구원, 2010).

이러한 신재생에너지는 전 세계적으로 국가

의 강력한 정책지원 하에 다양한 분야에서 연구 및 기술개발이 활발하게 수행되고 있으며 IT(Information Technology)기술과 공간정보기술의 급속한 발전에 힘입어 신재생에너지 분야에서도 GIS 공간정보 분석 기술과의 융합을 통하여 체계적이고 과학적인 활용 방법들이 많이 연구되고 있다. 특히 풍력에너지 같은 경우에는 태양에너지와 더불어 활용성이 높은 에너지로 평가되어 국내외적으로 많은 연구 수행되어져 오고 있다(한국에너지기술연구원, 2009).

관련 국외 연구동향을 살펴보면 Domínguez and Amador(2007)는 현장에서 측정된 신재생에너지 자원량을 GIS 시스템을 활용하여 관련 정보를 검색할 수 있는 시스템을 개발하였으며 Schallenberg-Rodríguez and Pino(2011)는 스페인의 카나리아 제도(Canary Islands)의 풍력 에너지의 잠재량 평가를 GIS 분석기법을 이용하여 수행하였다. 또한 Kulkarni and Banerjee(2011)는 인도 마하라

시트라(Maharashtra)를 대상으로 잠재되어 있는 신재생에너지 자원량을 GIS 맵핑 기술을 이용하여 신재생에너지 자원지도를 제작하였다.

국내 동향으로는 김호용(2010)은 GIS와 통계기법을 이용하여 태양광에너지 발전시설물 입지 정확성 향상 방안에 대하여 연구한 바 있으며, 오정희 등(2010)은 조력에너지 개발을 위하여 공간데이터 모델링 평가하여 필수적 데이터모델과 선택적 데이터모델로 분류한 개념적 공간데이터 모델링 방법론을 정립하였다. 이밖에도 GIS 분석기법을 활용한 적지분석관련 연구에 있어 오현주(2010)는 강원도 태백산 광화대 지역을 대상으로 GIS와 인공신경망을 이용하여 금-은 광물 부존 적지를 선정하고 검증하였다.

풍력발전기 설치에 고가의 비용이 소요되며 설치 후 이동이 어렵고 입지 조건에 따라 에너지 생산량의 편차가 크므로 입지선정이 매우 중요함에도 불구하고 입지선정에 대한 연구는 많이 이뤄지지 않고 있다.

과거에는 풍속, 풍향과 같은 기초적인 자연적 현상에 중점을 두고 많은 연구가 이루어지고 있지만 최근 들어 지형적인 요소를 동시에 고려한 입지분석에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 더욱이 지형적인 요소가 반영되는 기초자료들에 대한 정확성이 확보되지 않고 있으며, 특히 지형적인 환경만을 고려한 적지분석 결과를 실세계에 적용을 했을 시에는 다른 환경적인 요소들에 대한 제약을 많이 받는다. 예를 들어 풍력에너지 시설물 최적지라고 분석된 지역이 국가 문화재가 있는 지역이거나, 상업지구 및 골프장과 같이 경제적 비용이 발생하는 지역과 같은 지역은 지형적인 요건은 충족하지만 실제 개발에 있어서는 불가능하거나 개발에 상당한 어려움이 있는 지역임으로써 이를 보완하기 위해서는 경제 환경 및 문화 환경적인 요소가 반드시 고려되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 정확한 지형환경 요

소(경사, 사면방향, 고도)와 경제 환경 요소(주택지구, 상업지구, 도로접근성, 개발제한구역 등), 문화 환경 요소(관광지, 유적지, 문화재 등) 및 신재생에너지 풍력 자원지도를 고려하여 정확하고 정밀한 풍력에너지 시설물 적지분석을 수행할 수 있는 시스템 모듈을 개발하였다.

아울러 3차원 GIS 등과 같은 최신 공간 정보 기술을 활용하여 3차원 지형 및 경관분석 / 자원지도 제작, 개발지의 시설관리, 지도 자동변환 모듈 등 풍력 신재생에너지 관련 종합정보를 관리할 수 있는 3차원 Web GIS 기반 풍력에너지 시설물 적지분석 시스템을 개발하였다.

연구자료 및 방법

본 연구의 대상지는 국가 GIS 사업 결과물이 잘 구축되어 있으며 신재생에너지 잠재량이 높은 제주도를 대상으로 하였으며, 적지분석시 우선적으로 시스템에 제공되어지는 자료는 한국 에너지 기술연구원에서 제공하는 풍력자원지도를 활용하였다.

지형환경 요소의 경사, 사면방향, 고도 정보 추출을 위해서는 LiDAR(Light Detection And Ranging) 자료를 기반으로 제작된 1m급 DEM(Digital Elevation Model) 자료를 이용하였으며 경제 환경요소의 주택지구, 상업지구, 도로접근성, 개발제한 구역과 문화 환경요소의 관광지, 유적지, 문화재 등의 정보 추출을 위해서는 1:1,000 수치지도와 토지이용현황도등을 활용하였다. 신재생에너지 적지분석 결과물의 3차원 활용을 위해서는 1m급 DEM 자료와 25cm급의 항공사진을 이용하고 풍력에너지 시설물 3차원 모델을 구축하였다.

그림 1에서와 같이 3차원 Web GIS 기반 풍력에너지 시설물 적지분석 시스템 개발을 위하여 각 요소별 모듈을 ASP.NET C#, GIS engine(ARC GIS SERVER, XD WORLD)등의 개별적 엔진을 통합 모듈로 사용하였다.

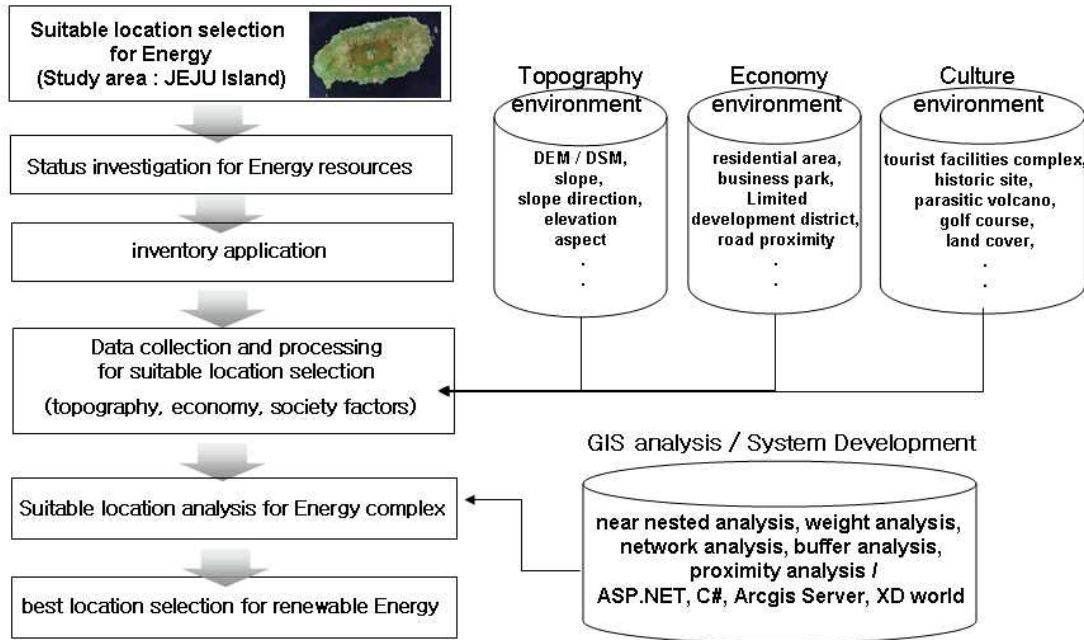


FIGURE 1. Research flow chart

풍력에너지 시설물 적지분석을 위한 GIS DB 분석 및 구축

적지분석(Suitability Analysis)이란 일정한 지역을 계획목적에 가장 알맞은 용도로 사용하기 위하여 그 지역의 고유한 환경적 특성에 미치는 영향을 바탕으로 다양한 후보지역들의 상대적 가치를 비교·분석하고, 그 지역들이 갖는 잠재적 가능성 등을 도면으로 나타냄으로써, 사업계획을 합리적으로 수립하고, 단지 설계나 토지이용 규제를 위한 지침을 제시하며, 특별한 환경취약지구에 대한 공공투자를 유도하는 등의 기능을 갖는 지역의 용도설정에 관한 체계적인 분석기법을 말한다. 이러한 적지분석은 GIS 분석기법의 대표적인 분석 기법중의 하나로써 다양한 분야에서 활용되고 있다(Kim *et al.*, 2009).

적지분석을 하기 위해서는 우선적으로 분석하고자 하는 지역의 고유한 환경적 특성에 대한 정보를 구축해야 함으로 본 연구에서는 풍력에너지 시설물 적지분석과 관련한 다양한

변수(지형, 경제, 문화)에 대하여 Raster Data 구조의 GIS DB로 구축 하였다.

Raster Data는 좌표에 의해 정의된 셀(Cell)의 집합으로 표현되며 각 셀은 속성 값에 따라 독립적으로 기록됨으로써 기본적으로 지도중첩의 가능성과 원격탐사자료와 같은 셀 형태 자료와의 연결이 원활하며, 지리적 공간이 단순하면서도 예측 가능한 형태로 균등하게 정의됨으로써 연속 공간 등의 다양한 공간 분석을 용이하게 한다. 본 연구의 적지분석에 사용되는 요소는 크게 지형, 경제, 문화적 요소로 나눌 수 있다. 풍력발전시설 입지 선정시 고려되어야 할 기본적인 지형적 요소로는 고도, 사면방향, 경사 등이 있으며, 경제, 문화적 요소는 생태 자연도(1등급 보전지역 등), 산지 구분도(산지전용 제한지역 등), 환경영향평가 데이터(사전 환경성 검토 관련 정보), 문화재 보호구역(국가지정 문화재 보호구역 등), 토지이용도(상업지역 등) 자료를 활용하여 풍력발전 시설 입지 계획 수립시 행정 및 법정 절차상 입지가 불가능한 지역 및 어려운

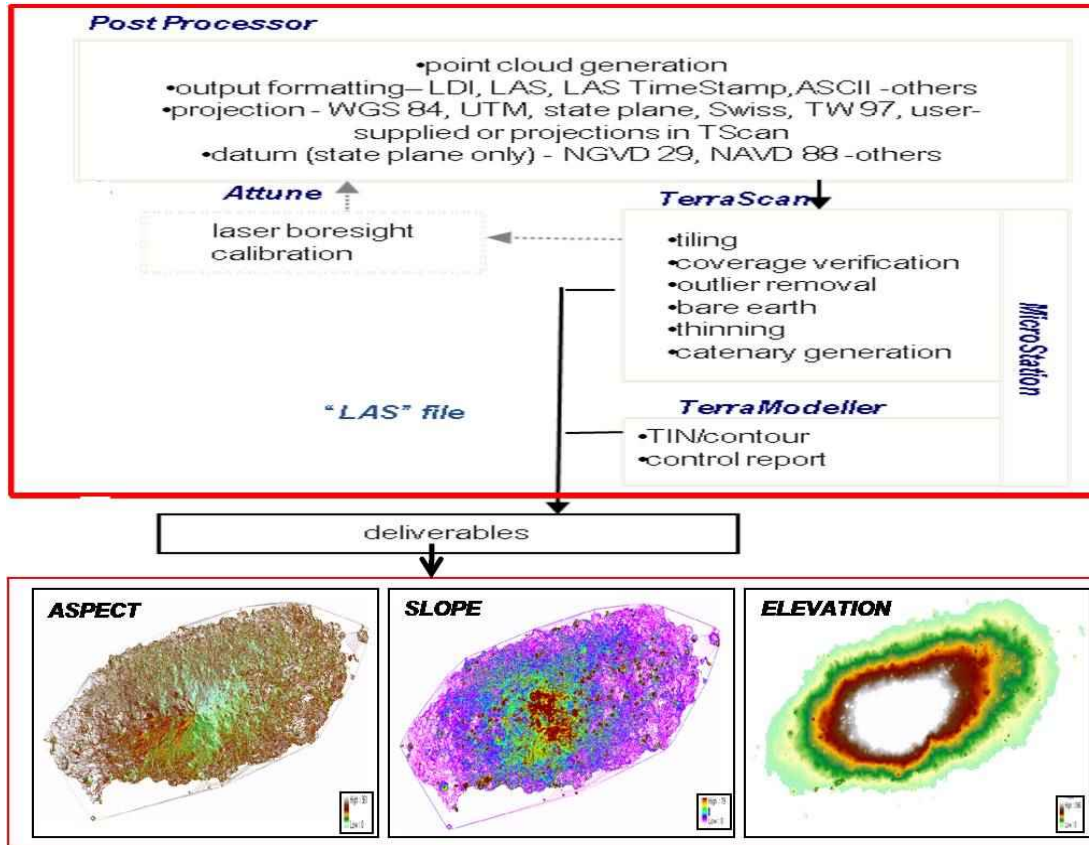


FIGURE 2. Topographic GIS DB using LiDAR data

지역에 대한 레이어를 추출하여 적지분석시 활용하였다. 이러한 모든 적지분석과 관련된 레이어들을 1m의 동일한 Raster Data 구조의 GIS DB로 구축 하였다.

1. 지형환경 요소를 고려한 자료 수집 및 분석

지형환경 요소인 고도(Elevation), 사면경사(Slope) 및 사면방향(Aspect)에 대한 자료 수집을 위하여 우선적으로 1m 등고선 자료를 활용하였으며, 1m 등고선 자료는 LiDAR자료를 이용하였다. 정확한 지형정보 추출을 위하여 본 연구에서는 기존의 구축된 LiDAR자료의 보완 작업(지면 데이터 추출, 격자형 표고 자료 생성, 등고선 생성, 보완 및 검수)을 통

하여 구축하였다.

그림 2와 같이 LiDAR자료에서 구축된 1m 등고선 자료를 기반으로 ArcView 3.2에서 변환된 Coverage 및 Point를 TIN (Triangulated Irregular Network)으로 생성하였으며 적지분석 효율성을 위하여 셀 간격 1m의 Raster Data를 획득하였다. 이를 기반으로 고도(Elevation), 사면경사(Slope) 및 사면방향(Aspect)을 산출한 후 속성데이터 추출을 위해 정수형으로 재분류 하였다.

2. 경제/문화 환경 요소를 고려한 자료 수집 및 분석

본 연구 대상지인 제주도는 섬지역의 지형 특성상 바람이 많이 불어 지형적인 환경은 우

수하나 국가 문화재 혹은 관광단지가 많은 지역이며, 인구가 밀집해 있는 주택지역이거나, 경제적 생산이 이루어지는 상업지역에서는 풍력 시설물을 설치 및 계획하기에는 현실적으로 불가능하다.

이러한 여건을 고려하기 위해서는 경제/문화 환경 요소는 반드시 고려되어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 경제 환경요소인 주택지구, 도로 접근성, 상업지구, 개발제한 구역 등에 대한 자료 수집을 위하여 1:25,000 토지이용도와 1:5,000 수치지도를 활용하였다. 토지이용도는 국토의 현황을 파악하고 국토를 효율적으로 이용하기 위한 각종 계획을 수립하는 데 많이 활용되며 어느 한 시점의 토지 이용 또는 지표의 경관을 잡아둔 것이기 때문에 기록으로서의 가치가 매우 크며, 과거의 것이라 하더라도 각종 연구 활동에 많이 활용된다. 토지이용도에서 추출한 주택지구, 상업지구, 개발제한 구역 레이어 들을 ArcView 3.2에서 Coverage 및 Polygon으로 변환하여 지형환경요소와 동일한 셀 간격 1m

의 Raster Data로 재구축하였다.

경제 환경요소인 도로 접근성 요소에 대해서는 1:5,000 수치지도에서 도로 레이어를 추출한 후 버퍼링 분석 과 근접성 분석을 통하여 도로와의 인접한 거리를 나타내고 있는 레이어를 구축한 후 셀 간격 1m의 Raster Data로 구축하였다.

또한 문화 환경요소인 관광단지, 유적지, 골프장 등에 대해서도 1:5,000 수치지도에서 레이어를 추출하여 지형 및 경제 환경 요소 추출 방법과 동일한 셀 간격 1m의 Raster Data로 재구축하였다.

3. 항공사진 및 3차원 신재생에너지 시설물 DB 구축

적지분석 결과 값을 기반으로 경관분석 및 3차원 모의(Simulation) 등의 활용을 위하여 항공사진을 활용 하였으며 자료의 정확성 및 활용성 향상을 위하여 정사보정을 수행한 정사항공사진을 이용하였다. 정사항공사진은 사

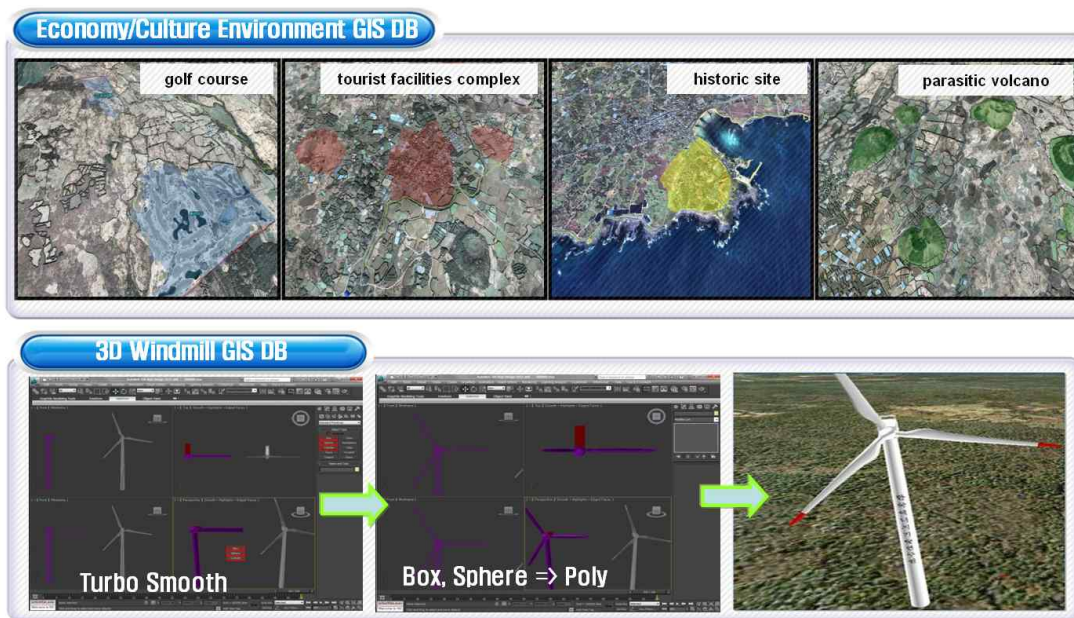


FIGURE 3. 3D GIS DB of culture and economic environment

진 촬영 당시 카메라 자세 및 지형 기록에 의해 발생된 대상물의 변위를 제거한 영상을 말하며, 지형지물의 상호 위치관계도가 수치지형도와 동일하기 때문에 거리, 각도, 지형지물의 좌표 및 면적 등을 측정할 수 있다는 장점을 지닌다.

아울러 3차원 경관분석 및 시뮬레이션을 위하여 본 연구에서는 3D Studio MAX를 이용하여 신재생에너지 관련 시설물인 풍력 바람개비를 구축하였다. 그림 3에서 보는바와 같이 풍력 바람개비의 경우 Box, sphere, Cylinder 을 적당한 비율로 생성한 후 Box, Sphere 는 폴리로 변환 후 작업을 수행하였다. 풍력 날개는 경우 Turbo Smooth로 변환한 후, 풍력의 날개의 하나를 만들었으며 3개

로 복사하여 위치에 맞게 조절하였다.

3D Web GIS 기반 풍력에너지 시설물 적지분석 시스템 개발

신재생에너지 적지분석 시스템은 효율적인 GUI(Graphic User Interface) 개발을 위해 Windows 2000 및 XP를 운영체제로 하며, 사용자 중심의 시스템 인터페이스를 위하여 객체지향 언어인 MS사의 Visual studio c#.net을 기반으로 GIS 및 3차원 분석 기능의 연동을 위하여 ArcGIS Server와 XD World를 이용한 CBD(Component Based Development) 방법에 근거하였다.

DBMS(Data Base Management System)

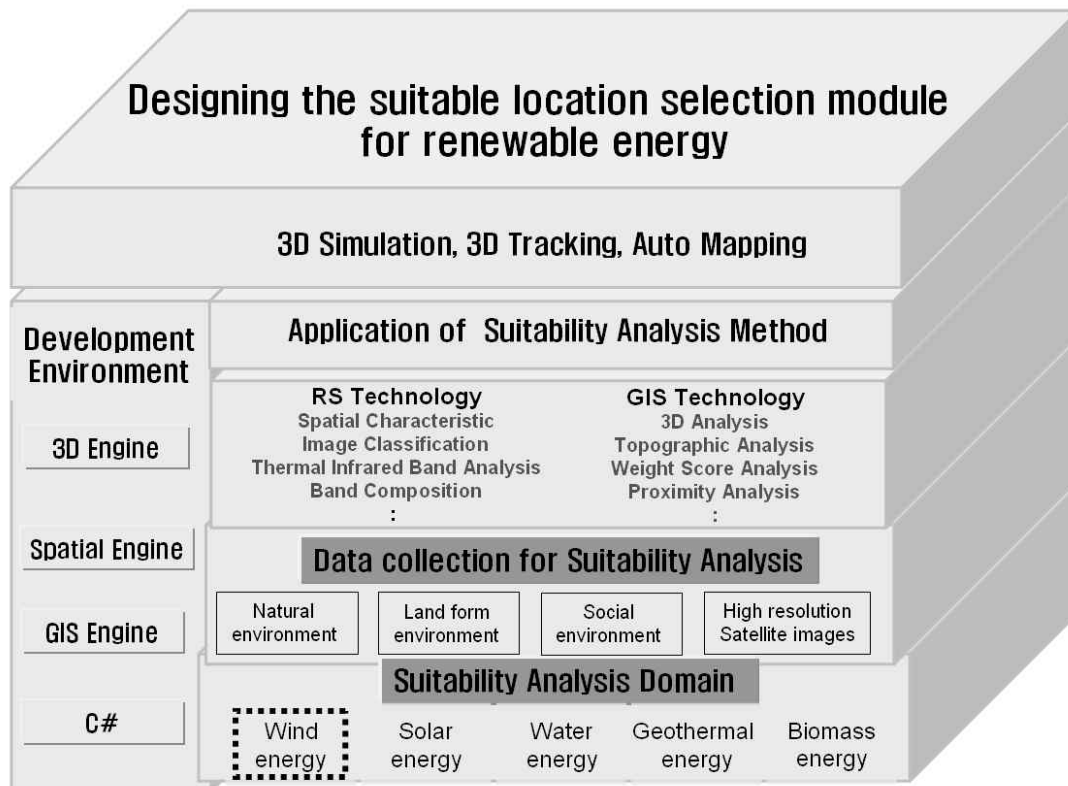


FIGURE 4. Designing the suitable location selection module for renewable energy using 3D Web GIS

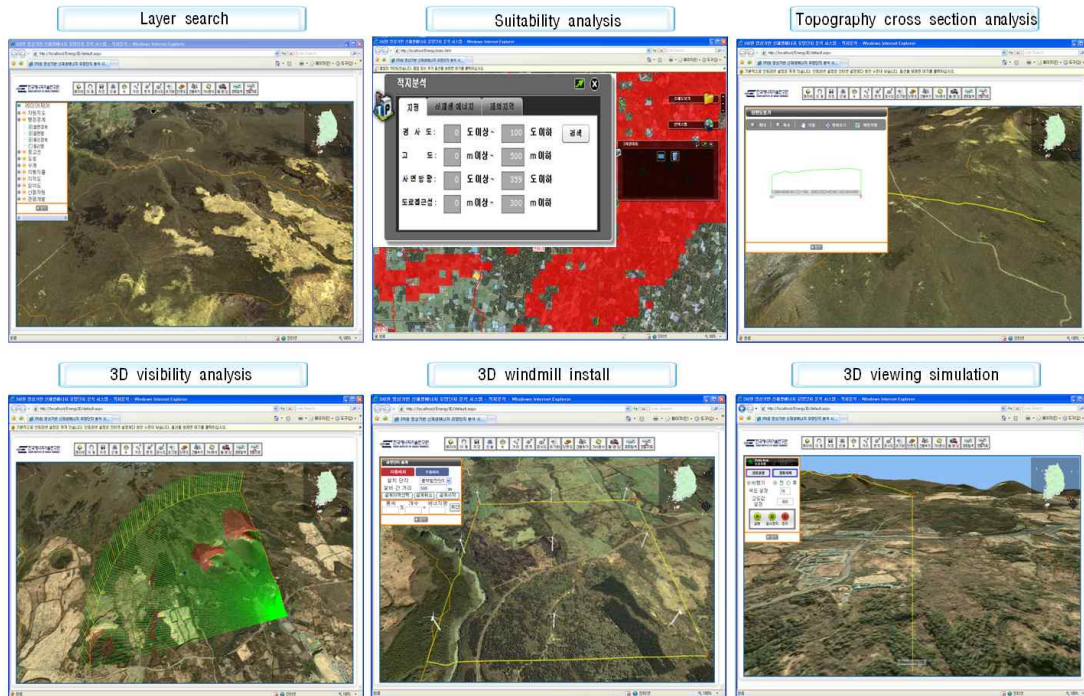


FIGURE 5. Main functions of suitability analysis system for wind energy facilities using 3D and Web based GIS

으로는 Oracle 11g를 사용하였으며 DB자료의 효율적인 관리와 정보 공유를 위하여 Web 기반으로 시스템 개발을 설계하였다(그림 4).

풍력에너지 시설물 적지분석 의사결정 지원 시스템 사용자가 원하는 지도나 속성 정보 및 사용자 질의 혹은 분석된 자료를 보고자 할 때 이를 효과적으로 지원해 주는 디스플레이 기능은 본 시스템 GUI 구현의 필수적인 기능이므로 본 시스템의 구성은 GIS의 사용자 인터페이스가 기본적으로 갖추어야하는 맵의 확대축소 기능, 맵의 이동시킬 수 있는 Pan 기능, 전체 보기, 출력 기능, 속성 보기의 매핑 기능과 여러 주제도를 중첩시켜 지형에 대한 정보를 자세히 알 수 중첩 기능 및 사용자 질의 조건의 의한 검색 기능, 정보에 대한 수정과 저장할 수 있는 기능 등으로 구성되어 있다.

주 기능으로는 그림 5에서 보는바와 같이 신재생에너지 적지 선정에 있어서 여러 요인

별 레이어에 대하여 중첩분석을 통하여 신재생에너지 적지를 선정하는 기능, 이에 따른 신재생에너지 적지의 입지 조건에 적합한 요인들의 조건을 선정하여 시스템 상에서 요인들의 조건을 입력하여 조건에 적합한 지역을 선정하여 시스템 상에서 가상으로 신재생에너지 부지를 배치할 수 있는 기능. 가상으로 배치된 신재생에너지 부지를 지적도와 중첩을 통하여 지번과 신재생에너지 부지의 면적을 통하여 지가를 입력하여 보상 금액을 구할 수 있는 기능, 신재생에너지 적지로 분석된 지역을 관찰할 수 있는 3차원 Tracking Simulation기능 등이 있다.

이 밖에도 신재생에너지 적지 선정에 영향을 주는 각 요인들의 공간 특성, 신재생에너지 분포도, 미세지형, 위성영상 자료 등과 같이 3차원 신재생에너지 적지분석 기법에 관련된 다양한 정보를 검색할 수 있는 3차원 Web

GIS 기반 풍력에너지 시설물 적지분석 시스템을 개발하였다.

결론

최근 신재생에너지에 관한 사회적 관심이 고조되고 있으나 신재생에너지 시설물의 적지 선정시 해당지역의 공간적, 환경적 요소에 대한 정확하고 표준화된 평가 기준 확보가 미흡한 실정이었다. 본 연구에서는 첨단 공간정보 기술을 바탕으로 과학적 방법에 근거하여 LiDAR 자료 기반 DEM(1m급), 25cm급의 항공사진 자료, 다양한 공간정보, 3차원 모델링 자료를 활용하여 지형환경요소와 경제 환경 요소, 문화 환경 요소를 고려한 신재생에너지 적지분석 시스템을 웹 기반으로 개발하였으며 분석 결과에 대하여 실세계와 유사한 환경 구현을 위하여 3차원 영상을 기반으로 한 3차원 표출기술을 개발하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 신재생에너지 적지분석 시스템 향상 및 기능 개선에 따른 사용자 중심의 시스템 인터페이스와 적지 분석 모듈의 속도개선을 위한 Raster 분석결과 제공 및 연구 대상지 확대에 따른 광역적 분석 기술 구현이 가능한 분석 시스템을 개발하였다. 아울러 정밀한 현장정보 가시화 구현을 위한 3차원 결과물 표출, 3차원 객체 구현, 시뮬레이션 등 3차원 영상기반 신재생에너지 유망단지 분석 시스템을 개발하였다.

둘째, 공간정보기술을 활용하여 과학적인 신재생에너지 집중 단지 조성과 정확하고 정량적인 정보 수집, 관리, 분석을 수행함으로써 새로운 정보제공체계 구축의 전환점을 마련할 수 있었으며 3차원 영상기반 신재생에너지 자원정보 관리시스템 구축을 통한 다양한 현장정보 분석이 가능하고 친환경 단지 선정 및 업무와 관련하여 합리적 의사결정을 지원 할 수 있게 되었다.

셋째, 웹 기반으로 개발함으로써 신재생에너지 적지 및 사업정보 제공을 통한 자료의

공유로 국민의 관심 및 참여도 증대뿐만 아니라 인력 및 비용의 중복투자 예방과 효율적 시설업무처리 능력 증대가 가능하게 되었으며 신재생에너지 자원에 대한 상황 정보를 체계적으로 지원하는 기반을 마련하였다.

향후 3차원 Web GIS 기반 풍력에너지 시설물 적지분석시스템이 보다 정확하고 효율적인 관리의 도구로서 활용되기 위해서는 풍력에너지 시설물 적지분석시 사용되는 인자들의 확장을 통한 다양한 분석 수행과 인자들에 대한 가중치 부여를 통한 정확한 분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 아울러 풍력에너지 뿐만 아니라 태양 에너지를 비롯한 소수력, 지열 에너지 등의 다른 신재생 에너지를 대상으로 한 적지분석 관련 시스템 개발을 통하여 종합적인 신재생에너지 적지분석 이 수행되어야 할 것으로 판단된다. **KAGIS**

참고문헌

- 김호용. 2010. GIS와 공간통계기법을 이용한 태양광발전시설 입지 정확성 향상 방안. 한국지리정보학회지 13(2):146-156.
- 오정희, 최현우, 박진승, 이광수. 2010. 조력에너지를 위한 공간데이터 모델링 방안. 한국지리정보학회지 14(3):22-35.
- 오현주. 2010. GIS와 인공지능망을 이용한 금-은 광물 부존적지 선정 및 검증. 한국지리정보학회지 13(3):1-13.
- 한국에너지기술연구원. 2009. 3D 영상기반 적지해석 기술 개발 개발보고서. 1-3쪽.
- 한국에너지기술연구원. 2010. 3차원 영상기반 신재생에너지 유망단지 분석 시스템 개발. 2-5쪽.
- Domínguez J. and J. Amador. 2007. Geographical information systems applied in the field of renewable energy sources. Computers & Industrial

- Engineering. 52:322-326.
- Kim, S.J., W.J. Yun, M.H. Jo, K.D. Kim and C.Y. Yun. 2009. The suitable location Selection analysis for renewable energy using 3D satellite image. Proceedings of Asian Conference on Remote Sensing. Beijing China. Oct. 18-23, 2009. pp.862-866.
- Kulkarni S. and R. Banerjee. 2011. Renewable energy mapping in Maharashtra, India using GIS. World Renewable Energy Congress 2011. Linköping Sweden. May 13, 2011. pp.3177-3184.
- Schallenberg-Rodríguez J. and J. Notario del Pino. 2011. Wind potential evaluation in the Canary Islands using GIS. International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ' '11). Las Palmas, Spain. April 15, 2011. pp.333-334. [KAGIS](#)