

LiDAR Data를 이용한 태양광에너지 자원도 제작*

김광득¹ · 윤창열¹ · 조명희² · 김성재^{3*}

Mapping Solar Photovoltaic Energy Resource Using LiDAR Data*

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

요 약

최근 에너지의 무분별한 소비에 따른 유한에너지 부족으로 인하여 지구온난화 발생 등 지구환경이 변화함으로써 이에 대한 해결방법으로 친환경 에너지자원 확보 및 신재생에너지 자원량에 대한 국민들의 관심이 증대하고 있다. 본 연구에서는 최근 각광받고 있는 공간정보기술과 신재생 에너지인 태양광 에너지 분야에서의 활용 가능성을 타진하고자 LiDAR 데이터를 이용한 태양광 에너지 자원도를 제작하였다. 연구 대상지는 경상북도에 위치하고 있는 울릉군의 울릉도를 선정하였다. 울릉군 지역의 항공 라이다(LiDAR : Light Detection And Ranging) 신규 촬영 및 자료처리를 통하여 1m급 등고선을 생성하였으며, 이를 활용하여 1m급 수치표고모델(Digital Elevation Model) 자료를 구축하였다. DEM 자료를 이용하여 태양 고도 및 방위각에 따른 태양광 입사범위를 파악하여 태양광에너지 평가 기술에 활용하였으며, 1m급의 정밀하고 정확한 공간 해상도 자료를 기반으로 태양광에너지 자원도를 제작함으로써 보다 정확한 정보 반영과 과학적이고 합리적인 신재생에너지 자원량 평가 방법 제시가 가능할 것으로 기대된다.

주요어 : 신재생에너지, 항공 라이다, 수치표고모델, 태양광에너지, 자원도

ABSTRACT

Recently, people are getting more interested in green energy resource and environment friendly energy resource due to the lack of energy and global warming. This study produced a solar energy resource map using LiDAR(Light Detection And Ranging) data to check if it is utilized for spatial information technology and solar energy sectors that people pay more attentions to as new recycling energy. This study assigned Ulleungdo(Island) located in Gyeongsangbuk-do as a target area. This study

2012년 7월 26일 접수 Received on July 26, 2012 / 2012년 9월 13일 수정 Revised on September 13, 2012 / 2012년 9월 18일 심사완료 Accepted on September 18, 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

created the contour line with 1 meter by newly photographing LiDAR and data processing. And using this contour line, this study built DEM(Digital Elevation Model) data with 1 meter. The incidence range depending on the altitude and azimuth of sun using DEM data is used to evaluate solar energy resource. This is expected to suggest an accurate method to evaluate more reliable and more precise information of new recycling energy resource by producing solar energy resource map based on accurate and precise spatial resolution data with 1 meter level.

KEYWORDS : *Renewable Energy, Airborne LiDAR, DEM, Solar Photovoltaic Energy, Resource Map*

서 론

최근 지구 온난화 현상에 따른 지구환경 순환형 사회의 구축이라는 관점에서 지구환경문제 해결과 친환경 에너지자원 확보와 관련하여 신재생에너지 자원량에 대한 관심이 증대되고 있다. 이러한 신재생에너지 자원 확보를 위해서 각 나라에서는 신재생에너지 관련 투자가 급증하고 있으며, 지난 2005년-2009년 사이 G-20 국가의 신재생에너지 산업 투자는 230%이상 증가했다. 더욱이 지난 2년간(2008~2009) G-20 회원국들은 분기당 평균 320억 달러이상을 신재생에너지 분야에 투자했으며 2009년 기준, 전 세계적으로 신재생에너지는 약 250GW의 수용량을 보유, 이는 전 세계 가구 수의 6%(7,500만 가정)에 전력을 공급할 수 있는 규모이다(한국에너지기술연구원, 2010).

현재 세계 경제위기 속에서도 신재생에너지 분야에 과감한 투자가 진행 중에 있으며, 특히 태양광에너지 시장은 2010년 한해에만 연평균 성장률이 80% 달할 정도로 신재생에너지 녹색산업의 핵심역할을 담당하고 있다. 이와 더불어 신재생에너지 자원량 현황에 따른 관리시스템 개발에도 많은 관심을 가지고 있으며 공간정보기술과 연계하여 매년 산출되는 국가별 에너지 관리체계 및 에너지 자원량 평가에도 많은 비용과 인력을 투입하고 있는 실정이다(한국에너지기술연구원, 2011).

우리나라는 현재 OECD 가입 국가이고, 이산화탄소 배출량이 세계 9위에 달하는 관계로 2013년부터 이산화탄소 배출량 감축의무를 이행하라는 국제적 압력을 받고 있으며, 총 소비에너지 중 석유의존도가 51%인 우리나라는 화석연료 사용 제약에 대비한 대체에너지 자원의 개발 및 보급과 국내 소요 에너지원의 안정성 확보가 시급한 과제이다.

이러한 신재생에너지 자원의 안정성 확보를 위해서는 신재생에너지 자원량 평가는 반드시 이루어져야 하며, 특히 여러 가지의 신재생에너지원별 중 태양광에너지에 대해서는 국내외적으로 GIS 분석기법을 활용한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

아울러 NGIS(National GIS) 사업(1:1,000 수치지도 제작 등)과 함께 3차원 GIS, 고해상 위성영상, 항공사진, LiDAR 등과 같은 공간해상도의 정확도 및 정밀성의 향상이 수반됨으로써 다양한 접근방법론을 기반으로 신재생에너지 분야에 활용되고 있다(한국에너지기술연구원, 2010).

우선 GIS 분석기법을 활용한 국외 연구 동향을 살펴보면 Mutlu *et al.*(2011)은 터키 중서부에 위치한 에스키세히르(Eskisehir)를 대상으로 GIS 공간정보 및 분석을 통하여 Solar Farm 설치를 위한 최적지 분석을 수행하였으며, Gastli and Charabi(2010)은 GIS 분석을 이용하여 오만(Oman) 지역의 태양에너지 일사량 값을 평가 한 후 이를 기반으로 Solar radiation 지도 작성하고, 이를 통하여

연구 대상지역의 태양에너지 자원량을 평가한 후 이를 전기에너지(GWh)로 변환 할 수 있는 에너지량을 추정하였다. Newcomb(2012)는 미국 남동부 대서양 안에 위치하고 있는 노스캐롤라이나의 수중 서식지의 그늘을 대상으로 GRASS(Geographic Resources Analysis Support System) GIS의 태양에너지 일사량 모듈을 이용하여 태양에너지의 수중 잠재량을 평가하였다.

국내 연구 동향을 살펴보면 김호용과 백호종(2010)이 GIS Simulation을 이용한 태양광에 의한 교통사고 위험지역 분석을 수행하였으며, 윤훈주(2011)는 공동주택단지의 태양광에너지 시설물 설치를 위하여 다양한 공간정보와3D-GIS를 이용하여 태양에너지 잠재량에 대하여 종합적으로 분석을 수행 한 바가 있다. 뿐만 아니라 LiDAR 자료를 신재생에너지 분야에 활용한 연구 사례로는 장안진과 김형태(2008)의 항공사진과 LiDAR 자료를 이용하여 산림지역의 바이오매스 추정에 관한 연구를 수행하였으며, 등급지도 제작과 관련한 연구 사례로는 여창건 등(2011)이 서울시 도시홍수를 대상으로 지역안전도 평가를

통한 GIS 등급분류를 수행하였다.

이와 같이 GIS 분석기법 및 태양광에너지/산림 바이오매스 분야에 많은 분야에 연구가 수행된 사례는 있지만 LiDAR 자료와 같이 정밀 지형자료를 활용하여 태양광에너지 분야에 대한 연구는 미비한 수준이다.

따라서 본 연구에서는 객관적인 공간자료 획득과 조사 소요시간의 단축, 비용절감 가능, 넓은 지역에 대한 정보를 빠르고 쉽게 분석할 뿐 만 아니라 지형정보의 전반적인 현황에 관하여 신속히 정보 파악이 가능한 LiDAR 자료를 이용하여 중첩분석 및 오차지수 분석을 통한 계급분류 등과 같은 GIS 분석을 수행하여 태양광에너지 자원도를 제작하였다. 이를 통하여 보다 정확하고 체계적으로 태양광에너지 분야에서의 GIS 활용 관련 연구 기틀을 마련할 수가 있었다.

연구자료 및 방법

본 연구의 대상지는 동경 130° 48' ~131° 52', 북위 37° 14' ~37° 33' 에 위치하고 있는 경상북도 울릉군을 선정하였다. 동해상에 격리된 울릉도를 제외한 그 부속도인 관음도·

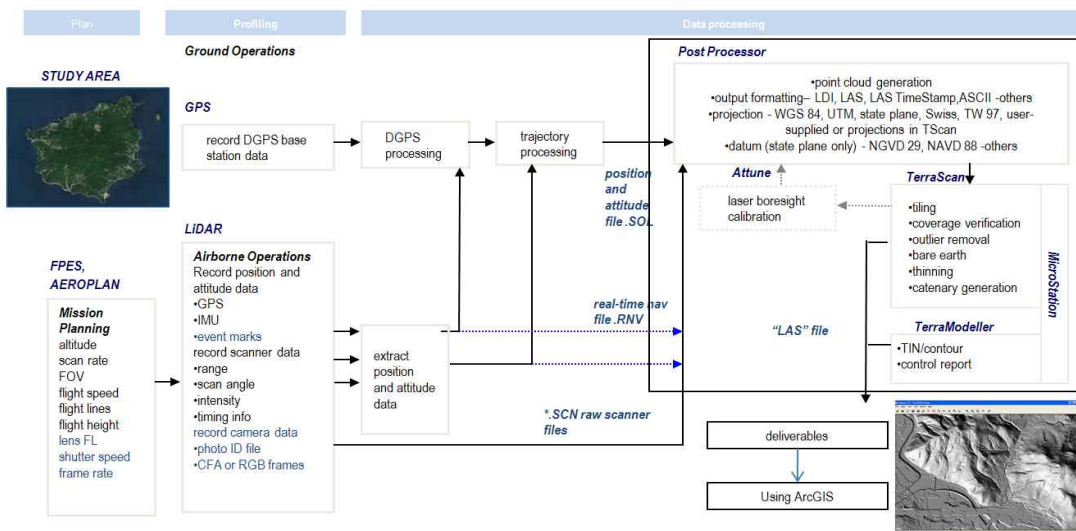


FIGURE 1. The study area and flow chart

죽도·독도 및 삼선암·공암·죽암·청도·북저암·촉대암 등의 바위섬은 본 연구 대상지에서 제외하였다. 연구대상지인 울릉도는 울릉군 총면적의 98%를 차지하고 있다.

태양광에너지 자원도 제작을 위하여 LiDAR 자료를 이용하여 구축하였으며, LiDAR 자료는 신규 항공촬영을 통하여 취득하였다. 촬영 시기는 2011년 6월 4일부터 6일까지 3일 동안 총 4번 촬영을 하였으며, 항공 LiDAR 측량 장비는 캐나다 Optech사의 ALTM 30/70 모형을 사용하였다. 이 장비는 레이저 펄스 주사율이 최대 70kHz이며, 고도 3,000m까지 운용 가능하며, 레이저 포인트 점밀도는 1m 단위 면적당 포인트 2-3점 이상 취득이 가능하다.

1m 등고선 및 DEM(Digital Elevation Model) 자료 구축을 위하여 Terra Scan 소프트웨어를 이용하였으며 자원도 제작을 위한 분석은 ArcGIS 9.2 소프트웨어의 Spatial Analysis 분석 툴을 이용하였다(그림 1).

결과 및 고찰

1. 1m DEM 자료 구축을 위한 LiDAR 측량

본 연구에서 사용될 1m급 정밀 DEM 자료 구축을 위하여 신규 LiDAR 측량을 수행하였

다. LiDAR 측량은 그림 2에서 보는바와 같이 Laser Pulse를 발사하는 레이저 스캐너의 3차원 위치를 GPS를 이용하여 알아낸 후, 발사된 Laser Scanner가 돌아오는데 걸리는 시간과 강도를 측정하여, 발사 당시 스캐너에 장착된 INS에 기록된 위치정보와 결합하여 자료를 처리함으로써 해당 반사체의 정확한 3차원 위치를 측정하는 측량방식을 말한다(국토해양부, 2006).

LiDAR 측량을 통해 획득된 자료는 최초 촬영을 통해 인수한 압축형식의 자료를 전처리공정을 거쳐 사용가능한 형식의 점 자료로 변환하였다. 또한 항공측량 장비가 가지고 있는 자체적인 오차를 판별하고 발생한 오차는 보정작업을 통하여 수정 하였으며, 본 연구에서는 지상 보정과 비행보정을 수행하였다. 지상 보정은 항공 LiDAR측량기, GPS수신기, INS(Inertial Navigation System) 장비 상호간의 이격 거리를 토털스테이션으로 측정·비교하여 보정하는 것으로 각각의 항공기의 재원이 다르기 때문에 항공레이저 측량 장비를 탑재할 때마다 실시하는 것을 말한다. 비행보정은 미리 선정해 놓은 검정지역에서 항공레이저 측량을 통해 획득된 레이저 자료를 기 검정지역의 측량 좌표와 비교하여 시스템 오차를 보정하는 것을 말하며, 시스템 오차를 보정하기

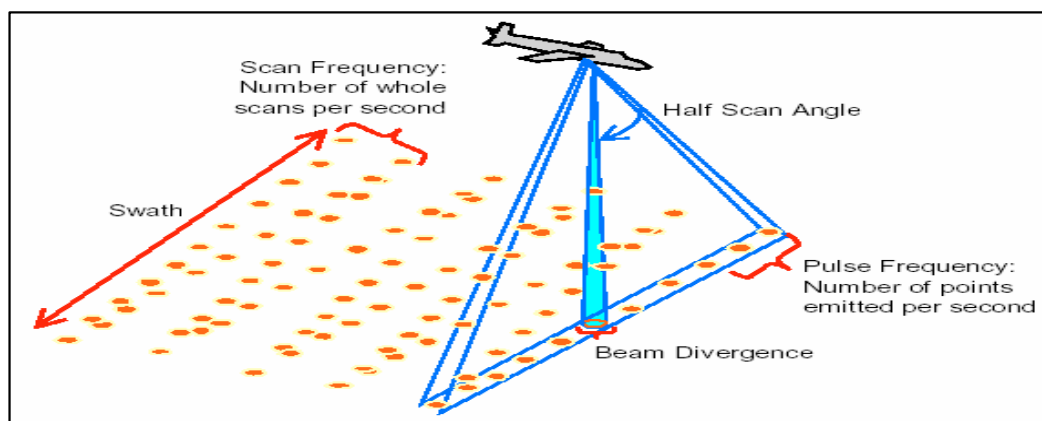


FIGURE 2. LiDAR survey

TABLE 1. Calibration Factor

Calibration factor	Contents
Roll	- Aerial of the X-axis of rotation error calibration
Pitch	- Aerial of the Y-axis of rotation error calibration
Heading	- Aerial of the Z-axis of rotation error calibration
Range	- Calibration of the distance deviation on aerial surveying equipment
	- Aerial laser survey results and ground control point using in the testing sites for calibration
	- Periodic calibration on the changes in value and time difference
Torsion	- calibration on physical constant on system scanning mirror
	- the scan angle calibration influence
	- Periodic calibration on the changes in value and time difference

위해서 표 1에서 나타내고 있는 검정 인자 파라미터에 대해서 보정을 수행하였다.

2. LiDAR 자료 후처리를 통한 DEM 제작

DEM(수치표고모델)은 지형의 위치에 대한 표고를 일정한 간격으로 배열한 수치정보이며, 지형의 기복을 점, 선 형태로 취득하여 구조화한 입체모형으로 국토계획 및 관리, 토목, 환경, 자원, 통신, 군사 목적으로 활용되고 있다. 수치표고모델은 인공지물과 식생이 있는 지구 표면의 표고를 표현하기 위하여, 일정 간격의 격자점마다 수치로 기록한 표고모형을 말한다.

보정된 LiDAR 측량 자료는 지구 표면에 대한 정보를 불규칙적으로 분포된 3차원 점

좌표값과 반사강도 등의 한정된 정보로 제공하고 있으므로 DEM 자료를 획득하려면 반드시 자료 후처리를 수행하여야만 한다. 후처리의 절차는 항공레이저 자료를 자동, 반자동, 혹은 수동의 방법을 통하여 실제 지구상에서 존재하는 3차원 지형정보들로 분류하는 것을 말한다(국토지리정보원, 2007).

본 연구에서는 정표고 변환, 점 자료의 필터링, 오류수정 및 편집의 순서로 후처리를 수행 하였으며 이를 격자 형태로 보강하여 DEM 자료를 구축하였다(그림 3).

정표고 변환을 위해서 타원체고(Ellipsoid Height)로 획득된 각각의 LiDAR 자료에 대하여 정밀 지오이드 모델을 이용하여 지오이드고(Geoid Height)를 산출하였으며 수치표

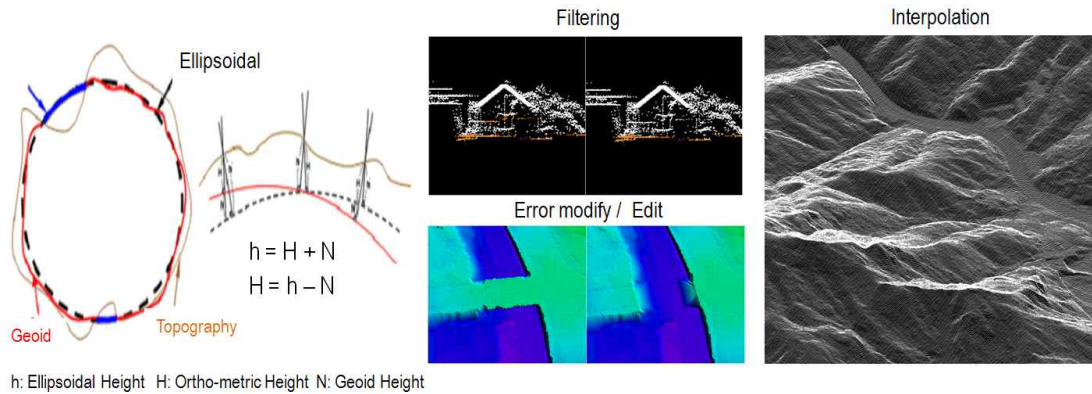


FIGURE 3. LiDAR data post processing

면자료에서 인공지물 및 식생 등과 같이 표면의 높이가 지면의 높이와 다른 지표 피복물에 해당하는 점 자료를 제거하기 위하여 필터링 작업을 수행하였다. 필터링은 자동과 수동으로 작업할 수 있다. 본 연구에서는 Terra scan 소프트웨어를 이용하여 우선적으로 자동 방식으로 분류한 후 자동 분류가 어려운 지형 지물에 대해서는 수동으로 필터링 작업 및 오류 수정을 수행하였다.

다양한 보간 기법 중 최적의 방법은 현재 많은 비교연구에서도 명확하게 제시되지 않았으며 단지 표본밀도와 분포를 고려하여 현상 내의 잠재적인 공간변수의 성질을 포함하는 인자의 수에 기인하는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 DEM 생성을 위한 보간법으로서 영상 밝기 값 보간을 위해 사용되는 bilinear, cubic convolution 방법을 사용하는 대신 지표 높이의 연속성을 이용하는 크리깅(Kriging) 보간법을 많이 사용한다(한국에너지기술연구원, 2009). 본 연구에서도 크리깅 보간법을

이용하여 DEM을 제작하였다.

3. LiDAR 기반 태양광에너지 자원도 제작 기법 개발

연구 대상지역의 태양광 입사 면적을 추정하기 위하여 울릉군 지역을 대표지역으로 선정하였다. 이 지역을 대상으로 2010년 1월에서 12월까지 월 평균 태양 방위각 및 고도 평균값을 산출하였다. 태양 방위각은 지평선 상에서 자오선과의 교점과 방위각과의 교점인 두 점 간의 각거리에 해당된다. 또 일반적으로 태양 방위각은 정면으로부터의 편위 각도($S-30^{\circ}$ -E, $S-40^{\circ}$ -W 등)로 나타낸다.

태양 고도는 태양의 수평면으로부터의 각거리를 말하며 태양의 위치를 표시하는 좌표의 하나로, 태양의 방향과 북극의 방향이 이루는 각의 여각을 나타내는 태양의 적위를 δ , 지구상의 위도를 φ , 관측자의 천정에서 자오선을 따라 측정한 천체까지의 각거리 혹은 고도의 여각을 나타내는 천정거리를 z , 태양고도

TABLE 2. Calculation of the average daily values of solar altitude and azimuth

Time	Azimuth			Elevation			Right ascension			Declination		
	Degree	Minute	Second	Degree	Minute	Second	Degree	Minute	Second	Degree	Minute	Second
00:00	355	40	42.90	-75	09	34.5	16	26	10.70	-21	41	20.2
01:00	040	43	55.00	-70	15	02.3	16	26	21.60	-21	41	44.3
02:00	065	36	12.60	-60	38	25.4	16	26	32.50	-21	42	08.4
03:00	076	49	43.20	-49	16	50.8	16	26	43.37	-21	42	32.7
04:00	089	59	44.30	-37	26	40.8	16	26	34.23	-21	42	57.0
05:00	098	36	48.20	-25	35	44.0	16	27	05.05	-21	43	21.4
06:00	106	50	01.40	-14	00	10.3	16	27	15.85	-21	43	45.7
07:00	115	21	39.40	-2	54	44.3	16	27	26.61	-21	44	10.0
08:00	124	45	33.60	07	22	47.6	16	27	37.34	-21	44	34.2
09:00	135	32	56.80	16	28	26.7	16	27	48.04	-21	44	58.3
10:00	148	09	23.80	23	49	48.0	16	27	58.71	-21	45	22.3
11:00	162	41	07.40	28	47	17.0	16	28	00.37	-21	45	46.1
12:00	178	34	48.00	30	43	34.7	16	28	20.02	-21	46	09.8
13:00	194	35	45.90	29	20	55.5	16	28	30.67	-21	46	35.2
14:00	209	25	06.40	24	52	09.3	16	28	41.33	-21	46	36.5
15:00	222	21	29.60	17	52	32.1	16	28	52.01	-21	47	19.6
16:00	233	25	42.10	09	02	12.5	16	29	02.71	-21	47	42.6
17:00	243	01	14.80	-1	04	56.4	16	29	13.45	-21	48	05.5
18:00	251	28	47.10	-12	03	36.7	16	29	24.21	-21	48	28.3
19:00	259	51	25.40	-23	35	12.9	16	29	35.02	-21	48	51.0
20:00	268	18	56.00	-35	24	48.5	16	29	45.86	-21	49	13.7
21:00	278	036	04.60	-47	17	03.9	16	29	56.73	-21	49	36.5
22:00	291	12	26.00	-58	47	52.3	16	30	07.63	-21	49	59.3
23:00	313	22	08.50	-68	55	30.3	16	30	18.54	-21	50	22.2

를 h , 태양의 시간각을 t 라고 하면 이들 사이의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t,$$

$$h = 90^\circ - z.$$

평균값을 산출하는 데에 있어서는 우선 각 시간대별 경위도 좌표, 고도, 적경, 적위 값을 참조하여 이를 일평균으로 산출하였다. 이를 다시 월평균으로 재 산출 하였다. TABLE 2 는 2010년 1월 1일부터 2010년 12월 31일 까지의 연구 대상 지역의 Lat/Lng: (37.49255400286561, 130.8943998474122) 시간대별 방위각, 고도, 적경, 적위 값을 나타내고 있다.

아울러 태양광 입사가 없는 야간시대의 값들을 평균값 산출에 제외시키기 위하여 고도 값이 음수인 자료들은 사용하지 않았다.

본 연구에서는 태양광에너지 자원도 계급부여를 위하여 음영기복도를 활용하였다. 음영기복도(Hillshade)는 3차원의 형태를 가진 지형을 2차원의 평면 위에 자연스럽게, 직관적인 방법으로 표현한 지도로써, 높이 값을 갖는 3차원의 자료와 빛의 방향, 음영, 색조를 이용하여 지형을 알아보기 쉽도록 제작한 지도를 말한다. 음영은 불투명한 물체(본 논문에서는 지형)에 빛을 쬐면, 면의 일부(주로 반대쪽)는 광선이 닿지 않아 어두워지고 또한 빛이 물체에 가리어지기 때문에 다른 물체의 표면에도 어두운 부분이 발생하는 현상을 말

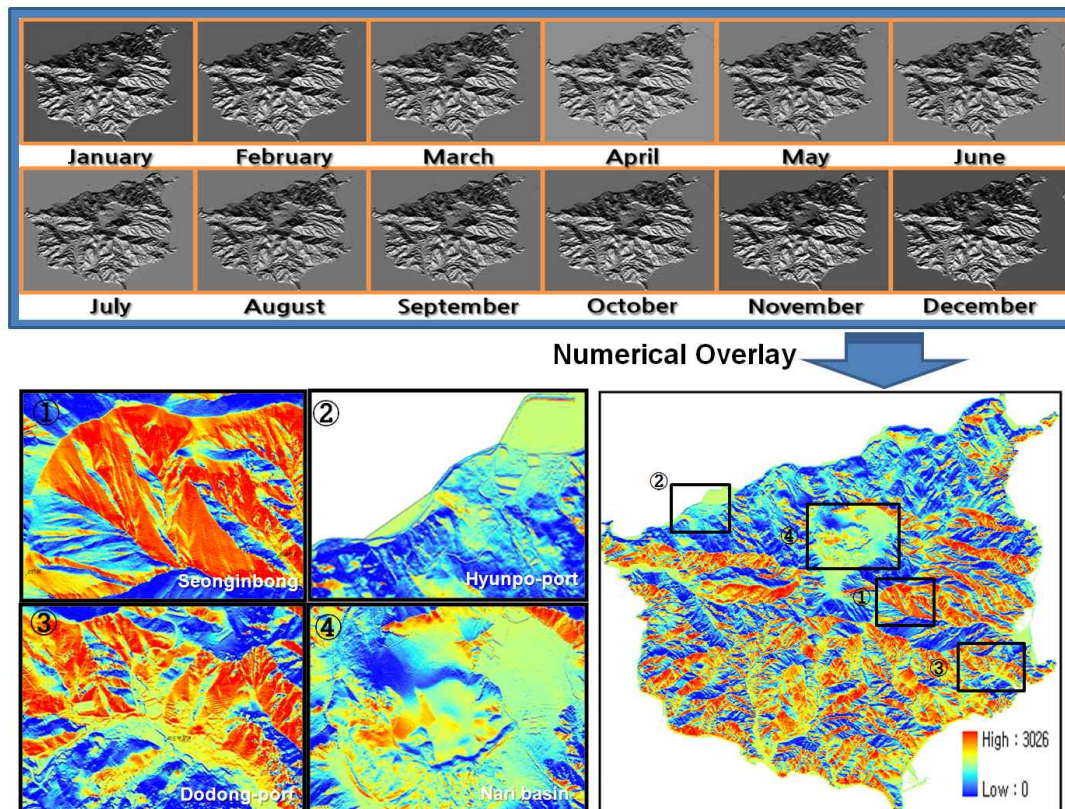


FIGURE 4. Production of solar energy resource grade mapping using numerical overlay analysis

한다.

태양 방위각 및 고도 정보 분석에서 월평균으로 재 산출된 평균 방위각 및 고도 값을 Arc GIS에 입력하여 음영기복도(Hillshade)를 월별로 작성하였다. 본 연구에서 구축된 음영기복도는 8bit(0-255)값을 가지며 값이 255에 가까울수록 밝은 지역을 뜻하며 밝은 지역일수록 상대적인 태양광 입사량이 높은 것을 의미한다. 1월에서 12월까지 12개의 월별 음영기복도를 생성하였다(그림 4). 생성된 12개의 음영기복도를 기초로 태양광에너지 자원도의 계급부여를 위하여 각 레이어들을 점수 중첩법(Numerical Overlay)을 이용하여 합산된 값들을 보여주는 하나의 레이어를 생성하였다.

점수 중첩법이란 일종의 도면 중첩법의 하나로 도면에서 색깔이나 명암대신 점수를 부여하는 것으로서 서수식 기법(Ordinal Combination Method), 선형조합기법(Linear Combination Method), 비선형조합기법(Nonlinear Combination Method), 요소조합기법(Factor Combination Method) 등이 있으며 본 연구에서는 서수식 기법을 사용하였다.

4. 태양광에너지 자원도 제작

점수 중첩법을 수행한 태양광에너지 자원도의 값은 상대적인 값으로서 0에서 3026까지 넓은 범위의 값을 가지고 있다. 넓은 범위의 값은 상세한 정보 제공이라는 장점이 있지만 의사결정 제공이나 관련 자료와의 융합 혹은 자료 활용 측면에서는 어려움을 지니고 있다. 이러한 단점 등을 보완하고자 태양광에너지 자원도의 값을 계급구간으로 나눈 계급분류도를

를 생성하였다.

계급분류도는 계급구간으로 나누어 각 계급구간별로 기호를 달리하여 표현하는 지도를 말하며, 계급분류도는 계급분류법에 따라서 표현되는 지도패턴이 매우 다르게 나타나므로 계급분류법의 알고리즘 선택은 계급분류도를 구축하는데 중요한 요소라고 볼 수 있다.

계급분류법에는 외인적 자료 분류법, 임의적 자료 분류법, 개성 기술적 분류법, 연속적 분류법, 최적 분류법등 많은 계급분류법이 있지만 본 연구에서 사용하는 GIS 분석 툴인 ArcGIS에서 구현이 가능한 개성 기술적 분류법인 자연적 구분법(Natural breaks)과 분위법(Quantile), 연속적 분류법인 등 간격법(equal interval), 표준 편차법(standard deviation), 기하학분류법(Geometrical interval)등 5가지의 계급분류법을 이용하여 10등급으로 분류하였다.

사용된 분류법의 효율성을 판정하기 위하여 Jenks and Caspell(1971)이 개발한 오차지수 측정법을 수행 하였으며 오차지수 식은 다음과 같다.

$$\text{오차지수}(E) = \frac{\text{특정분류법에 따른 오차}}{\text{최대오차}} = \frac{\text{각 지역 면적비} \times (\text{계급구간의 중앙값} - \text{실제 관측치})^2}{\text{각 지역 면적비} \times (\text{계급구간의 중앙값} - \text{평균값})^2}$$

오차지수의 값이 1에 가까울수록 오차가 적음을 의미하며, 표 3은 자연적 구분법, 등 간격법, 기하학적 분류법, 표준 편차법, 분위법에 대한 오차지수를 나타내고 있다.

각 계급분류법에 대한 오차지수를 살펴본

TABLE 3. Error index calculated according to the classification

Classification	Natural breaks	Equal interval	Geometrical interval	Standard deviation	Quantile
According to the classification error	0.854	1.241	1.201	0.889	1.283
Error index	0.845	0.814	0.867	0.839	0.827

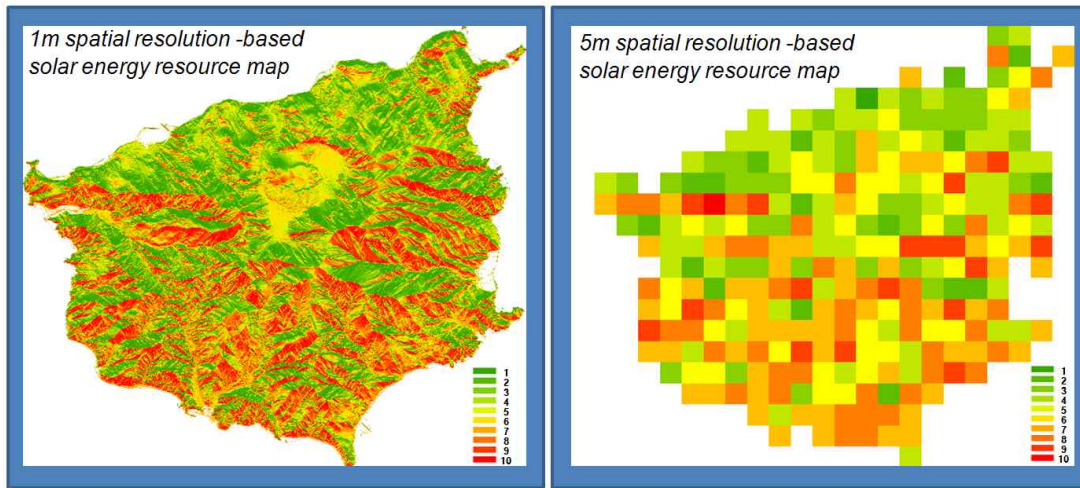


FIGURE 5. 1m/5m spatial resolution – based solar energy resource map

결과 기하학적 분류법이 가장 오차가 적은 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 기하학적 분류법을 이용하여 태양에너지 자원도를 작성하였으며 태양에너지 자원도는 10등급에 가까울수록 상대적으로 햇빛이 많이 들어오는 지역을 의미한다. 공간해상도 1m 이외에도 효율적인 분석 및 활용을 위하여 500m의 공간해상도로도 구축하였다(그림 5).

결론

본 연구에서는 최근 각광받고 있는 공간정보기술을 태양광 에너지 분야에 활용 가능성을 타진하고자 태양광에너지 자원도를 제작하였다. 이를 위하여 LiDAR 자료를 기반으로 자료 전처리 및 후처리를 수행하여 1m급 DEM자료를 구축하였다. 아울러 태양 고도 및 방위각에 따른 태양광 입사범위 자료를 월별 평균 자료를 산출하였으며, 이를 기반으로 음영기복도를 제작하였다. 각각의 월별 음영기복도 값의 총합산점수를 추출한 후 등급분류 오차지수 분석을 수행하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 공간정보 분야(수치지도 및 3차원 지형 제작, 측량등)와 신재생에너지(산림 바이

오매스)분야에서 주로 활용되어온 LiDAR 자료를 태양광에너지 분야에도 활용함으로써 보다 정확한 정보를 기반으로 한 태양광에너지 분야의 GIS 활용 연구 기틀을 마련함과 동시에 풍력에너지 및 소수력 에너지 등 지형 정보를 활용 할 수 있는 신재생에너지 분야에 활용 가능성을 타진하였다.

둘째, 본 연구에서 수행한 계급분류 오차지수 분석에서 기하학분류법이 가장 좋은 결과로 나타났다. 이 결과는 기존의 GIS 등급분류 오차지수 분석 결과(평지를 비롯한 지형 기록이 심하지 않은 지역에서는 자연적 분류법이 오차가 적은 것으로 나타남 : 국립방재연구원, 2011; 여창건, 2011)와는 다소 차이가 있는 결과 값으로써 울릉도의 지형특성상 지형에 대한 기록이 상당히 심한(지형 고도 값의 편차가 큼) 결과로 사료된다. 이는 기하급수의 누진적 형상이 많이 나타나는 지형 값에 적용하기 좋은 분류방법의 예로 사료된다.

셋째, 전력량(kw) 등과 같이 세분화된 단위로 환산하여 자원량을 평가하는 것이 가장 이상적인 평가방법이지만 이와 같은 방법은 고려해야 될 변수들이 많으며 GIS 분석기법으로 표현 및 분석하기에는 한계점이 있으므로

로, 본 연구에서는 태양광에너지 자원도 제작을 위하여 상대적 평가 분석방법에 중점을 두고 태양광에너지 자원도를 제작하였다. 이러한 태양광에너지 자원도는 태양광에너지 시설물 적지분석 및 정량적인 정보 수집, 관리, 분석에 있어 합리적 의사결정을 지원 할 수 있는 정보를 제공 할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 지형특성 이외의 현장관측 자료 및 기상자료등과 같은 태양광에너지관련 자료들과의 융합을 통하여 보다 정확한 태양광에너지 자원도 제작을 수행하여, 이에 따른 전기 발전량 추정 및 경제성 평가 등이 이행되어야 할 것으로 사료된다. **KAGIS**

참고문헌

- 국립방재연구원. 2011. 소방방재 지리정보 시스템(DGIS) 운영체계 구축보고서. 90-91쪽.
- 국토지리정보원. 2007. 다차원 공간정보 구축 기술용역. 기술용역결과 보고서. 39-49쪽.
- 국토해양부. 2006. LiDAR를 이용한 NGIS DB의 효율적 구축 및 수정·갱신 방안 연구 보고서. 9-10쪽.
- 김호용, 백호중. 2010. GIS Simulation을 이용한 태양광에 의한 교통사고 위험지역 분석. 한국지리정보학회지 13(4):91-100.
- 여창건, 서근순, 송재우. 2011. GIS를 이용한 도시홍수에 대한 지역안전도 평가. 한국지리정보학회지 14(3):75-76.
- 윤훈주. 2011. 3D-GIS를 이용한 공동주택단지의 태양에너지잠재량 분석. 연세대학교 대학원 박사학위논문. 1-3쪽.
- 장안진, 김형태. 2008. 항공사진과 LiDAR 데이터를 이용한 산림지역의 바이오매스 추정에 관한 연구. 한국지리정보학회지 11(3):166-173.
- 한국에너지기술연구원. 2009. 3D 영상기반 적지해석 기술 개발보고서. 21-22쪽.
- 한국에너지기술연구원. 2010. 3차원 영상기반 신재생에너지 유망단지 분석 시스템 개발보고서. 2-3쪽.
- 한국에너지기술연구원. 2011. 3차원 공간정보기반 신재생에너지 현장평가 시스템 개발보고서. 1-2쪽.
- Gastli, A. and Y. Charabi. 2010. Solar electricity prospects in Oman using GIS-based solar radiation maps. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14(2):790-797.
- Jenks, G.F. and F.G. Caspell. 1971. Error on choropleth maps: definitions, measurement, and reduction. Annals of the Association of American Geographers 61(2):217-244.
- Mutlu, S., A. Cabuk and Y. Guney. 2011. GIS based site determination model for productive solar farm: a case study in Eskisehir. Proceeding of the ISOPE Pacific Asia Offshore Mechanics Symposium. Hawaii, USA. June 24, 2011. pp.499-505.
- Newcomb, D. 2012. Using GRASS GIS to model solar radiation on North Carolina aquatic habitats with canopy data. Transactions in GIS 16(2):161-176. **KAGIS**