

## GIS를 이용한 태양광시설 설치를 위한 적정지역 선정에 관한 연구

A Study for Planning Optimal Location of Solar Photovoltaic Facilities using GIS

---

저자 (Authors)	윤성욱, 백이, 장재경, 최덕규, 강동현, 손진관, 박민정, 강석원, 권진경 Sung-Wook Yun, Yee Paek, Jae-Kyung Jang, Duk-Kyu Choi, Donghyeon Kang, Jinkwan Son, Min-Jung Park, Suk-Won Kang, Jin-Kyung Gwon
출처 (Source)	<a href="#">시설원예식물공장 28(3)</a> , 2019.7, 243-254(12 pages) <a href="#">Protected Horticulture and Plant Factory 28(3)</a> , 2019.7, 243-254(12 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">(사)한국생물환경조절학회</a> The Korean Society For Bio-Environment Control
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE08758949">http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE08758949</a>
APA Style	윤성욱, 백이, 장재경, 최덕규, 강동현, 손진관, 박민정, 강석원, 권진경 (2019). GIS를 이용한 태양광시설 설치를 위한 적정지역 선정에 관한 연구. 시설원예식물공장, 28(3), 243-254
이용정보 (Accessed)	한양대학교 166.***.182.218 2021/05/04 14:36 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

## GIS를 이용한 태양광시설 설치를 위한 적정지역 선정에 관한 연구

윤성욱 · 백이 · 장재경 · 최덕규 · 강동현 · 손진관 · 박민정 · 강석원 · 권진경\*

농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

### A Study for Planning Optimal Location of Solar Photovoltaic Facilities using GIS

Sung-Wook Yun, Yee Paek, Jae-Kyung Jang, Duk-Kyu Choi, Donghyeon Kang,  
Jinkwan Son, Min-Jung Park, Suk-Won Kang, and Jin-Kyung Gwon\*

Dept. of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 54875, Korea

**Abstract.** With the recent accelerated policy-making and interests in new renewable energy, plans to develop and supply the new renewable energy have been devised across multiple regions in Korea. Solar energy, in particular, is being applied to small-scale power supply in provincial areas, as solar cells are used to convert solar energy into electric energy to produce electric power. Nonetheless, in the case of solar power plants, the need for a large stretch of land and considerable sum of financial support implies that the planning step should take into consideration the most suitable meteorological and geographical factors. In this study, the proxy variables of meteorological and geographical factors associated with solar energy were considered in analyzing the vulnerable areas regarding the photovoltaic power generation facility across the nation. GIS was used in the spatial analysis to develop a map for assessing the optimal location for photovoltaic power generation facility. The final vulnerability map developed in this study did not reveal any areas that exhibit vulnerability level 5 (very high) or 1 (very low). Jeollanam-do showed the largest value of vulnerability level 4 (high), while a large value of vulnerability level 3 (moderate) was shown by several administrative districts including Gwangju metropolitan city, Jeollabuk-do, Chungcheongbuk-do, and Gangwon-do. A value of vulnerability level 2 (low) was shown by the metropolitan cities including Daegu, Ulsan, and Incheon. When the 30 currently operating solar power plants were compared and reviewed, most were found to be in an area of vulnerability level 2 or 3, indicating that the locations were relatively suitable for solar energy. However, the limited data quantity for solar power plants, which is the limitation of this study, prevents the accuracy of the findings to be clearly established. Nevertheless, the significance of this study lies in that an attempt has been made to assess the vulnerability map for photovoltaic power generation facility targeting various regions across the nation, through the use of the GIS-based spatial analysis technique that takes into account the diverse meteorological and geographical factors. Furthermore, by presenting the data obtained for all regions across the nation, the findings of this study are likely to prove useful as the basic data in fields related to the photovoltaic power generation.

**Additional key words:** meteorological data, optimal location, overlay analysis, vulnerable area, proxy variable, alternative energy resource

## 서론

전 세계적으로 기후변화와 환경오염에 대한 관심이 고조되면서, 향후 에너지 및 자원의 수요와 공급을 대비하고 관리하기 위해 다양한 분야에서 연구들이 진행되고 있다. 최근에는 에너지 및 자원고갈을 대비하고 환경오염을 완화하면서 지속적으로 이용할 수 있는 신재생 에

너지가 개발되고 있으며, 현실적으로 기존의 자원을 대체하여 가용할 수 있는 방법들을 모색하고 있다.

신재생 에너지는 태양광, 수력 및 풍력 에너지 등에 대해 많은 사업과 연구가 확장되고 있으며, 정부 정책에 따라 국내 보급이 더욱 가속화되고 있다(Kim et al., 2018; Yun et al., 2018). 그 중 태양광에너지는 태양광 발전 시스템을 이용하여 태양전지에 에너지를 축적하고 이를 전기로 전환하여 전력을 생산하는 것이다. 이러한 시스템은 유해한 물질을 발생시키지 않고, 연료가 필요치 않으며, 기타 소음이 없고 쉽게 설치하여 장기간 동

\*Corresponding author: cen55@korea.kr

Received June 27, 2019; Revised July 23, 2019;

Accepted July 24, 2019

안 사용할 수 있는 시스템이다. 하지만 아직까지 태양광 에너지 시설에 대한 정확한 평가가 이루어지지 못하고 있는 실정이며, 이에 따라 운영과 발전효율에 문제점이 발생하고 있다(Yun et al., 2018). 따라서 태양광에너지의 효율을 높이기 위한 적지 평가, 태양광 잠재량 산정 그리고 성능예측들에 대한 연구가 필요한 실정이다.

국내 선행연구를 살펴보면, 태양광발전시스템의 발전 성능 및 효율성을 검토하기 위해 설치 유형별 발전특성 및 성능이 연구되었으며, 태양전지 모듈의 동작 온도범위와 손실에 따른 영향에 대한 연구가 이루어 졌다(Jang et al., 2018; Kim et al., 2017). 더불어 도시지역 내 건물분포에 따른 음영의 영향 등 일사량에 한정해서 분석한 연구들이 있다(Yun et al., 2018; Lee and Lee, 2018). 하지만 선행연구에서는 소규모 지역에 한정하여 분석하였기 때문에 다른 지역과 상대적인 비교가 어려운 한계가 있다. 또한 우리나라의 경우 산악지형이 많고 일사량 관측소가 조밀하게 분포하고 있지 않기 때문에 미세측지에 대한 분석이 필요한 실정이다(Kim et al., 2018).

태양광시설의 적정입지 선정과 관련된 연구사례로는 GIS를 활용하여 태양광시설의 입지분석 및 태양에너지 가용잠재량을 분석하기 위한 자원지도를 개발한 연구가 진행된 바 있다. Lee and Kang (2010)은 GIS를 활용하여 부산광역시를 대상으로 토지이용, 표고, 경사도, 도로 및 하천 등을 입지요소로 선정하고 AHP 기법을 통해 가중치를 도출하였으며, 자료의 중첩을 통해 태양광 시설의 적정입지에 대하여 평가하였다. 이 연구는 지형을 고려한 공간분석을 통해 태양광 시설의 입지를 평가한 것이며, 기상자료는 반영되지 않았다. Jeong (2012)은 GIS를 활용하여 역거리가중 보간법(IDW)을 통해 도출한 전일사량 분포지도, 토지이용, 수치지형도 및 음영기복도 등을 중첩하여 태양에너지 잠재량 자원을 평가하였다. 그리고 시군구 단위로 세분화하여 가용에너지 면적을 분석하였다. 또한, 신재생에너지데이터센터(kredc.kier.re.kr)에서는 태양, 풍력, 수력, 바이오매스 및 지열 등 자원지도시스템을 공개하고 있으며, 태양광에너지에 대한 자원 지도를 살펴볼 수 있다. 하지만 공개되는 자원지도와 Jeong (2012)의 연구는 국내 16개 지점의 관측 자료만을 이용하여 분포지도를 작성한 것이며, 일사량 데이터만 제시하고 있다. 보간법의 경우 관측지점 사이의 거리에 따라 값을 생성하기 때문에 관측지점이 적을수록 오차가 커지는 단점이 있다.

이상의 기존 연구들을 검토해보면 태양광에너지 발전 시스템에 대한 잠재성을 평가하고 성능과 효율성을 최대화하기 위한 방안에 대한 연구들이 주로 수행되어 왔으며, 최근에는 기상 환경에 따른 태양광에너지 발전 시스

템의 영향을 분석하는 연구(Kim et al., 2018; Kwon and Lee, 2018; Jo et al., 2002)들이 진행되고 있다. 하지만 태양광에너지 발전시스템의 경우 발전량에 대한 자료의 구축이 미비하기 때문에 국내 전역을 분석하고 평가하는데 한계가 있다. 그러나 현재 관련 사업이 지속적으로 진행되고 있기 때문에 평가기준을 정립할 필요가 있다. 더불어 최근에는 일사량 자료를 관측할 수 있는 기상관측소가 과거에 비해 증가하였으며, 다양한 기상요소와 지형요소를 고려할 수 있기 때문에 전국을 대상으로 검토할 필요가 있다고 사료된다.

따라서 본 연구에서는 전국을 대상으로 기상관측소의 일 기상자료를 수집하여 GIS를 활용한 공간분석을 통해 분포지도를 작성하여 태양광에너지 발전 시스템 설치의 적정지역을 분석하고 평가하고자 한다. 더불어 현재 운영되고 있는 태양광발전소 자료를 수집하여 본 연구결과를 적용하여 고찰하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 기상자료수집

태양광에너지의 기상학적 영향을 분석하기 위해 국내에 위치하고 있는 총 79개 기상관측소에서 2009년부터 2018년까지 일 기상자료 중 평균기온, 강수량, 평균풍속, 일조시간 및 일사량 등 총 5개의 기상요소를 수집하였다. Fig. 1은 기상요소를 수집한 기상관측소의 위치를 나타내고 있으며, 여기서 일사량 자료의 경우는 다른 기상요소들에 비해 관측되고 있는 기상관측소가 총 28개소로 한정적이기 때문에 구분하여 표시하였다. Table 1은 총 79개 기상관측소에 대한 정보를 나타낸 것이다.

### 2. 대리변수 선정

본 연구에서는 기상자료들을 이용하여 5개의 대리변수를 선정하였다. Table 2에서는 대리변수들에 대한 정보를 나타내고 있다. 여기서 강우일수(WD, Wet days)는 일 강우량이 5mm 이상인 날을 의미하며, 우리나라의 경우 국지적인 강우의 영향이 커서 지역별로 강우일수의 변동성이 크고, 강우가 발생한 날에 상대적으로 태양광 에너지가 적음을 개연적으로 알 수 있다. 연평균기온(AMT, Annual mean temperature)은 기온과 장파복사에너지가 상관관계를 가지며(Baek et al., 2017), 기온이 증가함에 따라 태양광발전의 발전량에 큰 영향을 주는 기상요소이다. 평균풍속(AMW, Annual mean wind speed)은 해안지역과 내륙지역에 따라 비교적 큰 차이가 있으며, 증발과 밀접하게 관련된 인자로서 태양광에너지에도 영향이 있을 것으로 판단하여 선정하였다. 태양광 발전의 발전량은 일조시간(ADS, Annual duration of

**Table 1.** Information on the meteorological stations.

Station ID	Name	Longitude & Latitude		Station ID	Name	Longitude & Latitude	
		Long.	Lat.			Long.	Lat.
90	Sokcho	128.56	38.25	202	Yangpyeong	127.49	37.49
95	Cheorwon	127.30	38.15	203	Icheon	127.48	37.26
98	Dongducheon	127.06	37.90	211	Inje	128.17	38.06
99	Paju	126.77	37.89	212	Hongcheon	127.88	37.68
100*	Daegwallyeong	128.72	37.68	216	Taebaek	128.99	37.17
101*	Chuncheon	127.74	37.90	221	Jecheon	128.19	37.16
102	Baengnyeongdo	124.71	37.97	226	Boeun	127.73	36.49
104*	Bukgangneung	128.86	37.80	232	Cheonan	127.29	36.76
105*	Gangneung	128.89	37.75	235	Boryeong	126.56	36.33
106	Donghae	129.12	37.51	236	Buyeo	126.92	36.27
108*	Seoul	126.97	37.57	238	Geumsan	127.48	36.10
112*	Incheon	126.62	37.48	243	Buan	126.72	35.73
114*	Wonju	127.95	37.34	244	Imsil	127.29	35.61
115	Ulleungdo	130.90	37.48	245	Jeongeup	126.84	35.56
119*	Suwon	126.99	37.27	247	Namwon	127.40	35.42
121	Yeongwol	128.46	37.18	248	Jangsu	127.52	35.66
127	Chungju	127.95	36.97	251*	Gochang	126.70	35.43
129*	Seosan	126.49	36.78	252*	Yeonggwang	126.48	35.28
130	Uljin	129.41	36.99	253*	Gimhae	128.89	35.23
131*	Cheongju	127.44	36.64	254*	Sunchang	127.13	35.37
133*	Daejeon	127.37	36.37	255*	Bukchangwon	128.67	35.23
135*	Chupungnyeong	127.99	36.22	257*	Yangsan	129.02	35.31
136*	Andong	128.71	36.57	259*	Gangjin	126.77	34.63
137	sangju	128.16	36.41	260	Jangheung	126.92	34.69
138*	Pohang	129.38	36.03	261	Haenam	126.57	34.55
140	Gunsan	126.76	36.01	262	Goheung	127.28	34.62
143*	Daegu (*)	128.65	35.88	271	Bongwhoa	128.91	36.94
146*	Jeonju	127.12	35.84	272	Yeongju	128.52	36.87
152	Ulsan	129.33	35.58	273	Mungyeong	128.15	36.63
155	Changwon	128.57	35.17	277	Yeongdeok	129.41	36.53
156*	Gwangju	126.89	35.17	278	Uiseong	128.69	36.36
159*	Busan	129.03	35.10	279	Gumi	128.32	36.13
162	Tongyeong	128.44	34.85	281	Yeongcheon	128.95	35.98
165*	Mokpo	126.38	34.82	284	Geochang	127.91	35.67
168	Yeosu	127.74	34.74	285	Hapcheon	128.17	35.57
169*	Heuksando	125.45	34.69	288	Miryang	128.74	35.49
170	Wando	126.70	34.40	289	Sancheong	127.88	35.41
175	Jindo	126.32	34.47	294	Geoje	128.60	34.89
192*	Jinju	128.04	35.16	295	Namhae	127.93	34.82
201	Ganghwa	126.45	37.71				

The asterisk (\*) shows the meteorological stations which are monitoring the ASR.

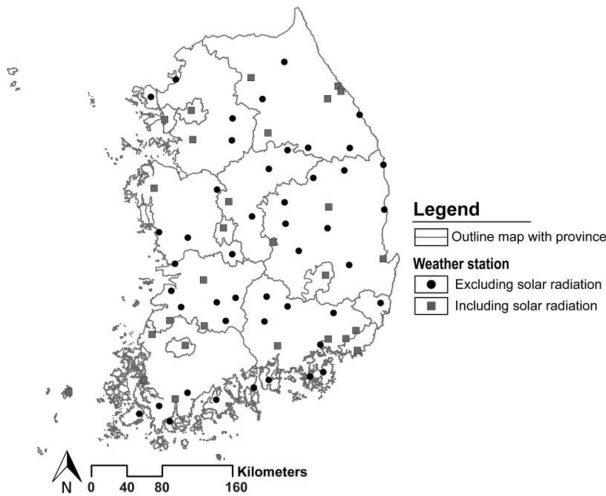


Fig. 1. Locations of weather stations.

Table 2. Proxy variables used in the study.

Variables	Definition
WD	Wet days (> 5mm)
AMT	Annual mean temperature (°C)
AMW	Annual mean wind speed (m·s <sup>-1</sup> )
ADS	Annual duration of sunshine (hr)
ASR	Annual solar radiation (MJ·m <sup>-2</sup> )
HR	Hillshade (km <sup>2</sup> )

sunshine) 및 일사량(ASR, Annual solar radiation)과 밀접한 관련이 있으며, 일반적으로 일사량이 커지고 일조시간이 길어지면 발전량이 증가한다. 그리고 음영기복도는 경사도 및 고도(표고)에 의해 음영의 정도를 나타내는 지도로서 경사도와 고도는 태양광 발전에 큰 영향을 주는 인자로 보고되었다(Park, 2012). 따라서 본 연구에서는 추가적으로 수치고도자료(DEM, Digital elevation model)을 활용하여 도출할 수 있는 음영기복도를 위의 기상 대리변수들과 함께 활용하였다.

### 3. 태양광 발전소 자료수집

본 연구에서는 태양광 발전소 자료를 수집하고자 국내 대표적인 인터넷 포털사이트(네이버, www.naver.com)에서 검색하여 태양광 발전소의 위치자료 및 면적자료를 수집하였다. Fig. 2에서는 수집한 태양광 발전소의 위치를 나타내고 있으며, 각 태양광 발전소의 면적규모는 지도상에서 표시된 기호의 색과 크기별로 구분하여 확인할 수 있다. 검색어는 '태양광 발전소'로 검색하였고, 총 491개 검색결과 중에서 위성지도와 비교하여 실제 가동 중인 태양광 발전소를 분류하였으며, 태양광 발전소가

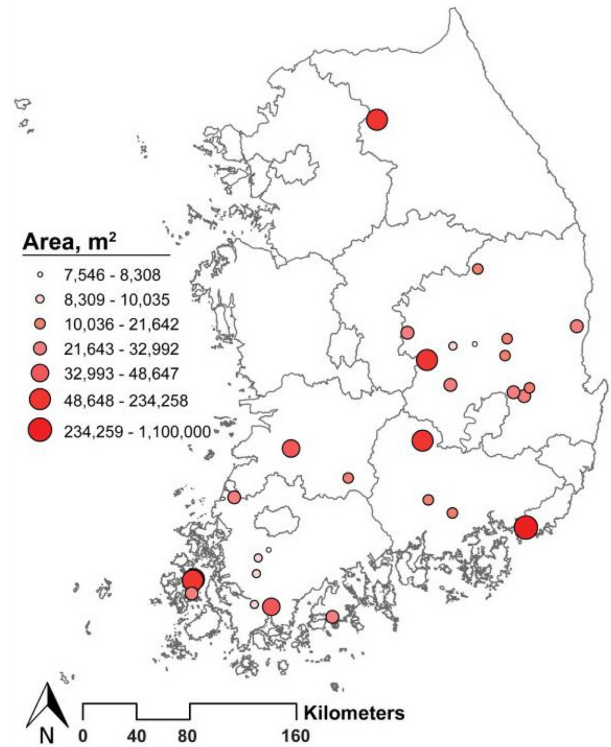


Fig. 2. Locations and size of solar photovoltaic facilities selected in the study.

형성되어 있는 총 30개 지역을 선정하였다. 태양광 발전소가 각 지역별로 균등하게 분포하는 것이 가장 이상적이나 선정된 태양광 발전소들이 지역적으로 편중되어 분포하는 경향이 있으며, 본 연구의 범위에서는 선정한 30개 지역의 태양광 발전소에 대해서 고찰하고자 한다. 또한 본 연구의 목적은 기상 및 지형적 요소를 고려하여 태양광발전시설의 적정한 입지를 구분하는 것이며, 최종적인 태양광발전 시설의 입지조건에는 기상 및 지형적 요소뿐만 아니라 토지가격 등과 같은 경제적인 부분도 중요하게 고려되어야 한다.

### 4. 평가방법

본 연구에서는 기상자료를 공간적으로 분석하기 위해 ArcGIS (Ver. 10.2.2, ESRI, USA)를 사용하였다. 79개 기상관측소의 위치좌표를 Point 자료로 생성하였으며, 각 기상관측소별 대리변수들은 Kriging 보간법을 이용하여 분포지도를 작성 (cell size: 0.5km × 0.5km)하였다. Kriging 보간법은 데이터의 전체적인 경향과 분포를 나타내는데 일반적으로 널리 이용된다. 기상자료를 기반으로 작성된 5개의 분포지도와 DEM을 통해 생성한 음영기복도는 동일한 스케일을 적용하기 위해 Reclassify 툴을 이용하여 Equal interval 방법(등간격에 따른 분류)으

로 최소값부터 최대값까지 1~100으로 분류하였다. 그 다음 Raster calculator 툴을 이용하여 6개의 지도를 중첩하였다. 이 과정에서 가중치는 동일하게 적용하여 최종적으로 중첩된 지도 값의 범위는 1~100이다. 중첩지도는 Table 3과 같이 분류된 값의 범위에 따라 취약 등급별로 분류하였다. 본 연구에서는 취약지수가 매우 높음, 높음, 보통, 약간 안전 그리고 안전 등으로 총 5등급으로 분류하였다(Kim et al., 2017). 이러한 평가방법의 과정은 태양광에너지의 최적지역을 평가한 연구가 미미한 관계로 유사한 연구인 Kim 등(2013 and 2017)에서 보고된 내용을 참고하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 대리변수 산정 결과

Table 4는 각 행정구역(도 단위)별 기상자료에 의해 산정된 대리변수들에 대한 기술통계 값들을 정리한 것이며, Fig. 3은 이를 박스도표로 나타낸 것이다. 그리고 Fig. 4는 각 대리변수에 대한 전국 분포지도를 나타낸 것이다. 강우일수는(WD)는 평균적으로 46.9일이며, 전라북도가 49.7일로 가장 높게 나타났고 경상북도가 44.9일로 가장 작게 나타났다(Fig. 3). 변동계수는 경상북도

**Table 3.** Vulnerability assessment (Kim et al., 2017).

Vulnerable class	Assessment	Range*
1	Invulnerable	80~100
2	Invulnerable to moderately vulnerable	60~80
3	moderately vulnerable	40~60
4	Highly vulnerable	20~40
5	Extremely vulnerable	0~20

\* It was reclassified vulnerability scores.

**Table 4.** Statistical values of proxy variables used in the study.

Province	Value	WD	AMT	AMW	ADS	ASR
Gangwon-do	n	12	12	12	12	5
	Max	51.8	13.5	3.5	2,422	5,071
	Min	42.5	7.4	1.2	1,974	4,884
	Mean	47.1	11.4	1.9	2,227	4,972
	Stdev.	2.4	1.8	0.7	121.7	79.7
	C.V.	5.2	15.5	34.9	5.5	1.6
Gyeonggi-do	n	5	5	5	5	1
	Max	47.5	12.7	1.8	2,398	-
	Min	42.6	11.0	1.4	2,095	-
	Mean	45.4	11.8	1.6	2,285	4,675
	Stdev.	1.9	0.6	0.2	116.3	-
	C.V.	4.2	5.3	10.3	5.1	-
Gyeongsangnam-do	n	12	12	12	12	4
	Max	53.7	15.1	2.5	2,432	4,975
	Min	44.4	12.1	1.2	2,104	4,632
	Mean	48.4	14.1	1.7	2,263	4,805
	Stdev.	3.0	0.9	0.4	97.6	183.4
	C.V.	6.3	6.4	24.7	4.3	3.8
Gyeongsangbuk-do	n	12	12	12	12	2
	Max	66.5	14.8	3.9	2,439	5,286
	Min	39.4	10.0	1.3	2,014	4,697

Table 4. Continued.

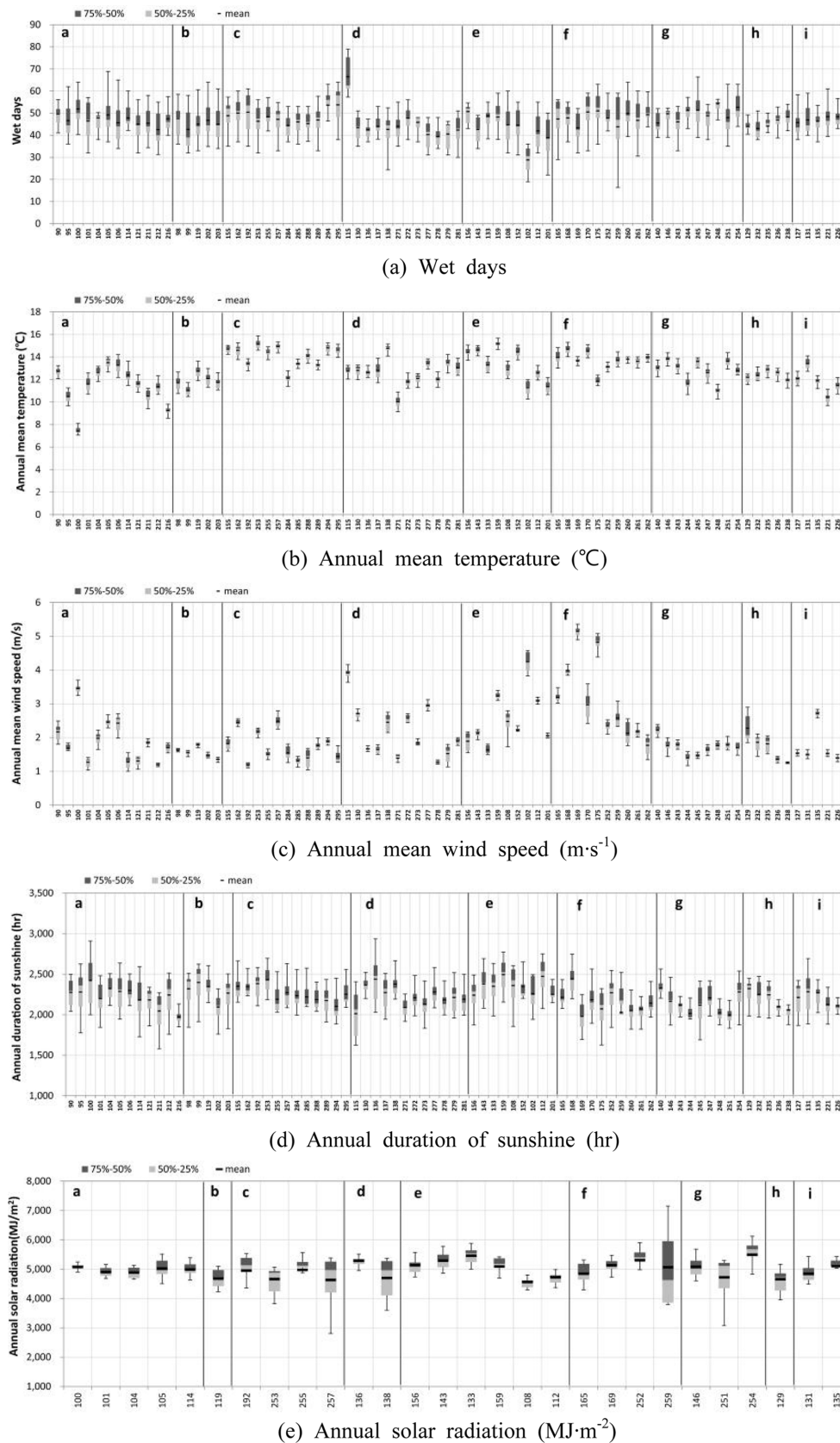
Province	Value	WD	AMT	AMW	ADS	ASR
Gyeongsangbuk-do	Mean	44.9	12.6	2.2	2,231	4,992
	Stdev.	7.2	1.1	0.8	124.1	416.5
	C.V.	16.0	9.1	36.4	5.6	8.3
Jeollanam-do	n	10	10	10	10	4
	Max	51.0	14.7	5.1	2,442	5,306
	Min	43.3	11.8	1.8	1,980	4,844
	Mean	47.7	13.7	3.1	2,146	5,087
	Stdev.	2.6	0.8	1.2	137.5	190.7
	C.V.	5.5	5.7	37.7	6.4	3.7
	n	9	9	9	9	3
Jeollabuk-do	Max	54.2	13.8	2.2	2,329	5,490
	Min	45.5	11.0	1.4	1,999	4,721
	Mean	49.7	12.8	1.7	2,140	5,098
	Stdev.	2.9	0.9	0.2	117.7	384.9
	C.V.	5.9	7.4	13.6	5.5	7.6
	n	5	5	5	5	1
Chungcheongnam-do	Max	48.2	12.9	2.3	2,323	-
	Min	43.0	11.9	1.2	2,059	-
	Mean	45.2	12.4	1.7	2,196	4,660
	Stdev.	2.2	0.4	0.4	110.9	-
	C.V.	4.9	2.9	24.3	5.1	-
Chungcheongbuk-do	n	5	5	5	5	2
	Max	48.4	13.4	2.7	2,284	5,103
	Min	45.7	10.4	1.4	2,110	4,844
	Mean	47.1	11.8	1.7	2,201	4,973
	Stdev.	1.2	1.1	0.5	79.8	183.7
	C.V.	2.6	9.2	31.8	3.6	3.7

(16%, 지역별 평균: 6.3%)에서 가장 높게 나타났으며 (Fig. 3), 이는 경상북도 해안지역과 내륙지역 간에 강수량 차이가 크기 때문인 것으로 나타났다. Fig. 4에서 대리변수로 표현된 강우일수의 경우는 태양광 발전의 발전량에 부정적인 영향을 주는 인자로 재분류 과정에서 역으로 분류하였기 때문에, 전라북도와 강원 일부지역의 값이 낮게 분포하였다.

연평균기온(AMT)은 평균적으로 12.6°C이며, 경상남도(14.1°C)에서 가장 높게 나타났으며, 강원도(11.4°C)에서 가장 낮게 나타났다(Fig. 3). 변동계수는 강원도(15.5%, 지역별 평균: 7.7%)에서 가장 높게 나타났으며(Fig. 3), 이는 강원도의 높은 산지 분포도와 관련이 있는 것으로 판단된다. 연평균풍속(AMW)은 평균적으로 2.0m·s<sup>-1</sup>이며,

전라남도 (3.1m/s)에서 가장 높게 나타났으며, 경기도 (1.6m·s<sup>-1</sup>)에서 가장 낮게 나타났다(Fig. 3). 변동계수는 전라남도(37.7%, 지역별 평균: 26.7%)에서 가장 크게 나타났다(Fig. 3). 그러나 풍속의 경우는 일반적으로 해안과 내륙지역의 차이가 크기 때문에 해안을 포함하는 행정구역도에서 대부분 높게 나타났다.

일조시간(ADS)은 평균적으로 2,211 hr이며, 경기도 (2,285 hr)에서 가장 크게 나타났으나(Fig. 3), 변동계수가 5.1%로 일조시간은 지역적으로 큰 차이를 보이지 않았다. 일사량(ASR)은 평균적으로 4,907.8MJ·m<sup>-2</sup>이며, 전라북도 (5,098MJ/m<sup>2</sup>)와 전라남도 (5,087MJ·m<sup>-2</sup>)에서 가장 크게 나타났으며, 경기도 (4,675MJ·m<sup>-2</sup>)와 충청남도 (4,660MJ·m<sup>-2</sup>)에서 적은 것으로 나타났다.



**Fig. 3.** Boxplots of the proxy variables used in the study.



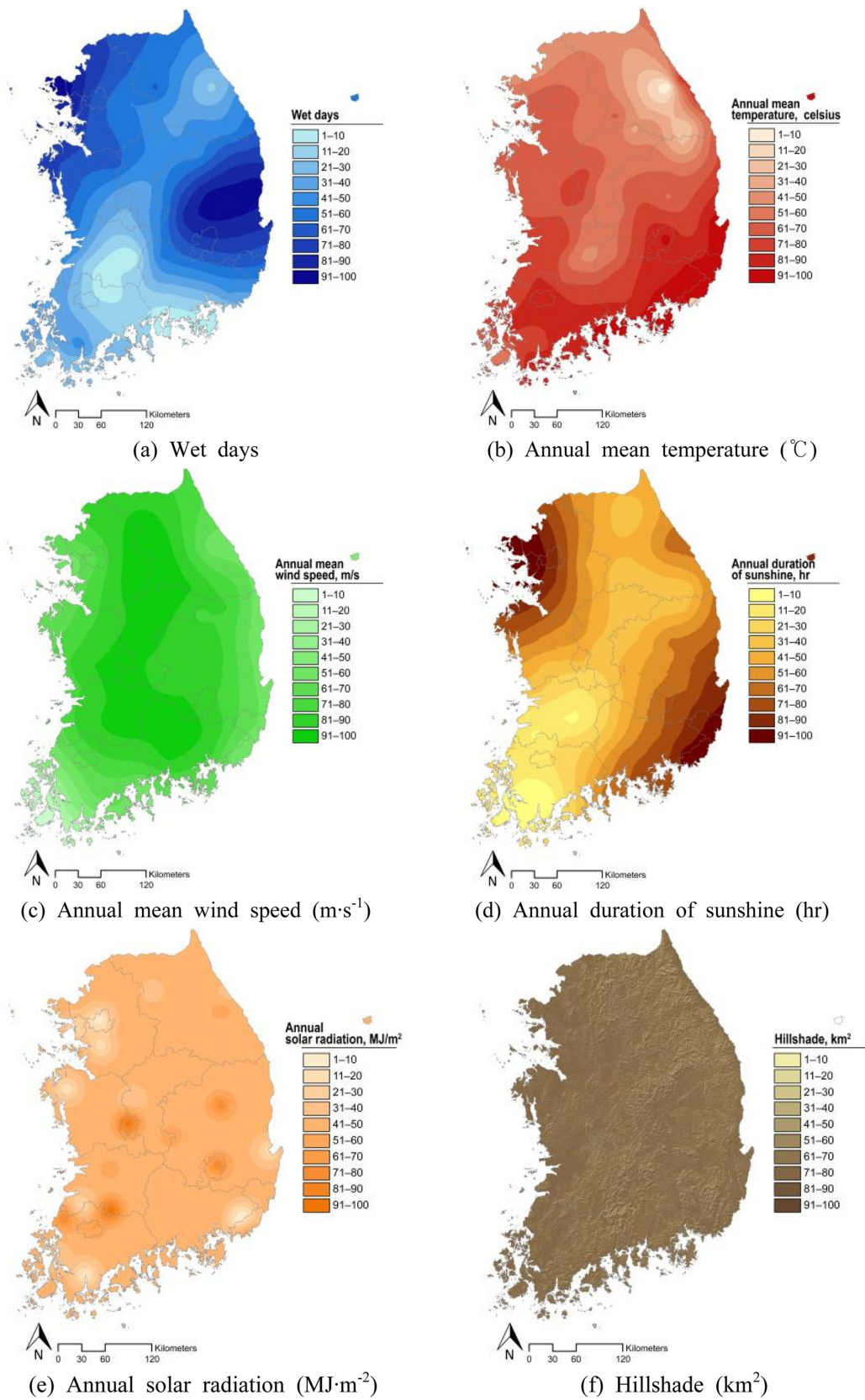


Fig. 4. Spatial distribution of the proxy variables in the study.

## 2. 태양광에너지 취약지역 평가

Table 5에서는 각 행정구역별 태양광에너지에 대하여 각 취약단계별 해당면적을 나타내고 있으며, Fig. 5에서는 최종적으로 분석한 태양광에너지에 대한 취약지도를 나타내고 있다. 전국을 대상으로 상대적인 태양광에너지 취약지역을 분석한 결과, 취약단계 5는 태양광 발전이 적합하지 않는 ‘매우 취약’지역으로 본 연구의 결과에서는 해당되는 지역이나 면적이 없는 것으로 나타났다. 취약단계 4는 태양광 발전이 적합하지 않을 가능성이 높은 ‘취약’지역으로 전라남도(1,754km<sup>2</sup>)와 전라북도(251km<sup>2</sup>)가 그 면적이 다른 지역에 비해 큰 것으로 나타났으며, 특히 전라남도는 행정구역 대비 ‘취약’지역의 면적 비율이 총 면적의 15%로 가장 높게 나타났다.

취약단계 3은 태양광 발전이 ‘보통’인 지역으로 강원도(15,935km<sup>2</sup>), 전라남도(9,950km<sup>2</sup>), 전라북도(7,670km<sup>2</sup>), 충청북도(7,101km<sup>2</sup>), 경상남도(6,509km<sup>2</sup>) 그리고 경상북도(6,081km<sup>2</sup>) 순으로 그 면적이 큰 것으로 나타났으며, 행정구역 대비 그 면적(취약단계 3)비율이 높은 지역은 광주광역시(99.9%), 전라북도(96.7%), 충청북도(95.4%) 및 강원도(94.4%) 순으로 다수의 행정구역에서 높은 것으로 나타났다.

취약단계 2는 태양광 발전이 ‘좋음’ 지역으로 경상북도(12,871km<sup>2</sup>), 경기도(6,899km<sup>2</sup>), 충청남도(4,006km<sup>2</sup>)

그리고 경상남도(3,786km<sup>2</sup>) 등의 순서로 그 면적(취약단계 2)이 큰 것으로 나타났으며, 행정구역 대비 면적 비율이 높은 지역은 대구광역시(99.0%), 울산광역시(98.2%) 그리고 인천광역시(95.4%) 등이 높은 것으로 나타났다.

취약단계 1은 태양광 발전이 ‘매우 좋음’인 지역으로 대구광역시에 0.7km<sup>2</sup>의 적지가 있는 것으로 나타났으나, 이 밖의 지역에서는 해당되는 면적이 없는 것으로 나타났다. 이는 대리변수 Re-scale에 따른 절대평가 결과이기 때문에 1단계인 ‘매우 좋음’인 지역이 없는 것으로 판단되며, 지역별 상대평가에서는 대구, 울산, 인천 등이 태양광에너지 발전의 입지조건에 가장 적합한 것으로 사료된다.

태양광 발전소 최적입지 이론을 고려해 보면 경상북도와 평야가 넓은 전라남도 지역에서 태양광발전소의 적지 면적이 많이 분포할 것으로 예상할 수 있다(Lee and Lee, 2015). 이는 전라남도 및 경상북도가 태양광에 가장 중요한 인자인 일사량이 우수한 지역이기 때문이다. 본 연구에서는 태양광발전소의 적정입지에 대하여 취약단계 2(좋음)를 기준으로 경상북도가 다른 지역과 비교하여 가장 넓게 분포하는 것으로 나타났으며, 그 면적(12,871km<sup>2</sup>) 또한 경기도(6,899km<sup>2</sup>), 충청남도(4,006km<sup>2</sup>) 및 경상남도(3,786km<sup>2</sup>)에 비해 월등히 큰 것으로 나타났다(Table 5). 그러나 전라남도의 경우는 오히려 취약단계

**Table 5.** Regional vulnerability of solar photovoltaic facilities to meteorological and geographical factors based on the vulnerable assessment of this study.

Name	Vulnerability assessment (km <sup>2</sup> )			
	4	3	2	1
Gangwon-do	67.6 (0.4)	15,935 (94.4)	880.1 (5.2)	-
Gyeonggi-do	-	3,276 (32.2)	6,899 (67.8)	-
Gyeongsangnam-do	5.6 (0.1)	6,509 (63.2)	3,786 (36.8)	-
Gyeongsangbuk-do	1.3 (0.01)	6,081 (32.1)	12,871 (67.9)	-
Jeollanam-do	1,754 (15.0)	9,950 (85.0)	1.6 (0.01)	-
Jeollabuk-do	251.8 (3.2)	7,670 (96.7)	8.8 (0.1)	-
Chungcheongnam-do	2.5 (0.03)	4,591 (53.4)	4,006 (46.6)	-
Chungcheongbuk-do	1.8 (0.02)	7,101 (95.4)	340.4 (4.6)	-
Seoul	-	394.3 (65.0)	212.7 (35.0)	-
Incheon	-	47.7 (4.6)	987.6 (95.4)	-
Daejeon	-	175.9 (32.6)	364.0 (67.4)	-
Daegu	-	8.2 (0.9)	872.4 (99.0)	0.7 (0.1)
Gwangju	0.3 (0.1)	498.8 (99.9)	-	-
Ulsan	-	19.6 (1.8)	1,040 (98.2)	-
Busan	-	206.5 (27.6)	542.2 (72.4)	-

**Note:** The values in brackets show percentage of the assessment area.

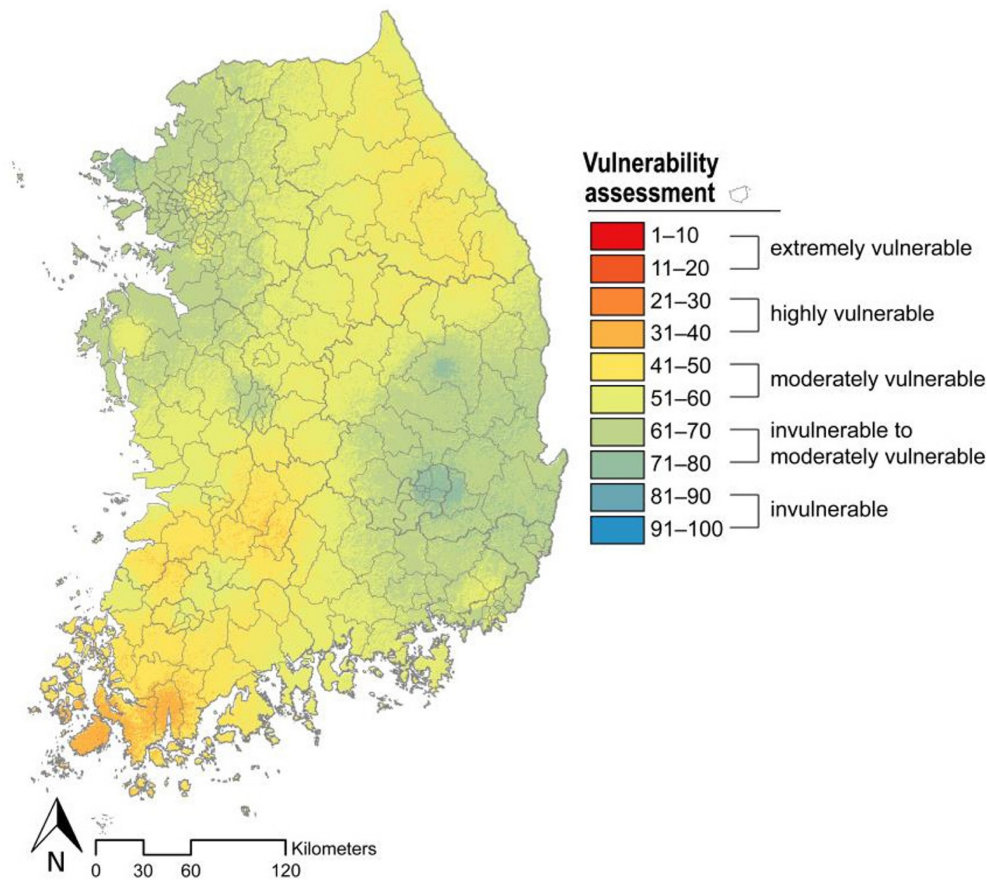


Fig. 5. Results of vulnerability assessment of solar photovoltaic facilities to meteorological and geographical factors.

2(좋은)를 기준으로 다른 지역에 비해 태양광발전소의 적정지역이 가장 낮게 분포하는 것으로 나타났다. 이는 전라남도가 일사량은 우수하나 본 연구에서 고려한 일조 시간 및 강우일수가 상대적으로 다른 지역보다 취약한 것이 원인으로 판단되었다. 본 연구와 관련된 기존의 연구들을 보면 태양광발전소의 입지분석을 위해 고려한 기상학적, 지리학적 및 경제적 인자들에 따라 태양광발전소의 지역별 적지면적이 서로 상이하게 나타난다(Sim et al., 2010; Lee et al., 2017). 본 연구에서는 태양광발전의 적정지역을 평가하기 위해 일사량, 일조시간, 기온, 강우일수 및 풍속 등 5가지 기상요인과 지형인자로서 음영기복도를 고려하였다. 향후 경제적 인자 및 환경적 인자 등 접근이 가능한 다양한 인자들을 고려하여 보완된 연구가 필요할 것으로 판단된다.

### 3. 태양광발전소의 영향 분석

Table 6은 본 연구에서 제시한 취약성 평가 지도를 기반으로 국내 30개 태양광발전소를 대상으로 취약성 평가를 적용한 결과이다. 국내에 위치한 대부분의 태양

광발전소는 취약단계 2, 3단계로서 상대적으로 태양광 에너지 적지에 위치함을 나타냈다. 취약단계 4에 해당하는 지역은 모두 전라남도 해안에 위치하고 있어 풍속과 강우량의 영향이 큰 지역으로 대리변수에서 반영하였기 때문에 취약점수가 낮게 나타난 것으로 판단된다.

현재 운영되고 있는 태양광발전소를 비교·검토했을 때, 본 연구의 범위에서는 선정된 태양광발전소에 대한 발전량 자료가 없기 때문에 연구결과의 정확성에 대한 부분은 객관적인 고찰이 어렵지만, 본 연구는 태양광에너지에 영향을 미칠 수 있는 일 기상요소 자료들과 GIS로 구축할 수 있는 음영기복도를 고려하여 개발한 취약성 평가 지도로써 지형 및 기상 인자들을 고려했을 때 비교적 적합한 지역에서 운영되고 있는 것으로 판단할 수 있다.

하지만 본 연구의 한계로서 건물의 분포도, 건물높이 등에 따른 음영인자, 그리고 경제적인 요소(토지가격 등)를 고려하지 못하였다. 또한 제한적인 태양광발전소 정보로 인해 본 연구의 결과들은 향후 관련 연구들을 통해 보완해야할 것으로 사료된다.

**Table 6.** The vulnerable assessment on the solar photovoltaic facilities selected in the study.

Num	Address	Area (m <sup>2</sup> )	Longitude & Latitude		V.S	V.C
			Long.	Lat.		
1	11-1 Mt, Aeryeon-ri, Cheongtong-myeon, Yeongcheon-si, Gyeongsangbuk-do	24,316	128.80	36.01	69.2	2
2	3 Mt, Guam-ri, Jeomgok-myeon, Uiseong-gun, Gyeongsangbuk-do	16,408	128.75	36.37	68.3	2
3	978, Seosan-dong, Yeongcheon-si, Gyeongsangbuk-do, Korea	23,553	128.89	35.98	68.0	2
4	39-1 Mt, Sinho-ri, Hwanam-myeon, Yeongcheon-si, Gyeongsangbuk-do	16,708	128.93	36.04	67.4	2
5	168-7 Mt, Busang-ri, Nam-myeon, Gimcheon-si, Gyeongsangbuk-do	30,628	128.28	36.07	65.3	2
6	584-1, Idu-ri, Bian-myeon, Uiseong-gun, Gyeongsangbuk-do	8,069	128.48	36.34	64.9	2
7	10-1 Mt, Samhwa-ri, Jipum-myeon, Yeongdeok-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea	29,058	129.34	36.45	64.4	2
8	825-1, Jang-ri, Gaeum-myeon, Uiseong-gun, Gyeongsangbuk-do	21,642	128.73	36.26	63.7	2
9	185, Sinho-dong, Gangseo-gu, Busan	1,100,000	128.88	35.10	63.7	2
10	31-1, Gasan-ri, Dogae-myeon, Gumi-si, Gyeongsangbuk-do	9,329	128.30	36.33	62.0	2
11	1145-2, Bonggok-ri, Sabong-myeon, Jinju-si, Gyeongsangnam-do	17,759	128.28	35.20	60.9	2
12	104 Mt, Okgye-ri, Eomo-myeon, Gimcheon-si, Gyeongsangbuk-do	180,632	128.08	36.24	60.4	2
13	46-1 Mt, Seokgang-ri, Gajo-myeon, Geochang-gun, Gyeongsangnam-do	109,662	128.04	35.69	58.7	3
14	466-2, Songam-dong, Chuncheon-si, Gangwon-do	234,258	127.68	37.86	57.6	3
15	31 Mt, Jeongsu-ri, Jiphyeon-myeon, Jinju-si, Gyeongsangnam-do	15,485	128.08	35.29	56.7	3
16	614-12, Deokho-ri, Yeonggwang-eup, Yeonggwang-gun, Jeollanam-do	24,892	126.48	35.31	55.6	3
17	504-1, Geumsan-ri, Hwaseo-myeon, Sangju-si, Gyeongsangbuk-do	29,718	127.92	36.42	54.5	3
18	355, Daechon-ri, Bonghyeon-myeon, Yeongju-si, Gyeongsangbuk-do	15,941	128.52	36.85	52.9	3
19	498, Yaksu-ri, Baeksu-eup, Yeonggwang-gun, Jeollanam-do	8,308	126.39	35.29	51.9	3
20	378-6, Sikjeong-dong, Namwon-si, Jeollabuk-do	15,715	127.42	35.44	49.0	3
21	1160-12, Maejeong-ri, Ongdong-myeon, Jeongeup-si, Jeollabuk-do	48,647	126.95	35.64	46.9	3
22	141-7 Mt, Hwang-yong-ri, Bonghwang-myeon, Naju-si, Jeollanam-do	7,546	126.77	34.96	45.7	3
23	401-4, Yugok-ri, Sinbuk-myeon, Yeongam-gun, Jeollanam-do	9,987	126.68	34.90	45.5	3
24	556, Gahwa-ri, Dohwa-myeon, Goheung-gun, Jeollanam-do	23,714	127.29	34.51	45.2	3
25	258-3, Geumsan-ri, Anjwa-myeon, Sinan-gun, Jeollanam-do	127,669	126.16	34.76	41.0	3
26	7-2, Masan-ri, Gunseo-myeon, Yeongam-gun, Jeollanam-do	9,650	126.67	34.80	41.0	3
27	1-4, Daechek-ri, Anjwa-myeon, Sinan-gun, Jeollanam-do,	119,293	126.15	34.75	40.6	3
28	150-2, O-eum-ri, Jangsan-myeon, Sinan-gun, Jeollanam-do	32,992	126.14	34.66	39.6	4
29	591-6, Yongsan-ri, Okcheon-myeon, Haenam-gun, Jeollanam-do	10,035	126.65	34.59	38.2	4
30	640-1, Yeongbok-ri, Chillyang-myeon, Gangjin-gun, Jeollanam-do	38,219	126.79	34.57	35.5	4

V.S: Vulnerable score, V.C: Vulnerable class

## 적 요

본 연구에서는 전국을 대상으로 태양광에너지와 관련된 기상 및 지형 대리변수를 고려하여 태양광발전 시설에 대한 취약지역을 분석하였으며, GIS를 이용하여 공간 분석을 통해 태양광발전 시설의 적정입지에 대한 평가용 지도를 개발하였다. 본 연구에서 최종적으로 개발된 태양광발전 시설에 대한 취약지도에서는 ‘취약단계 5(매우

취약)’ 지역과 ‘취약단계 1(매우 좋음)’ 지역은 나타나지 않았다. ‘취약단계 4(취약)’ 지역은 전라남도가 가장 크게 나타났으며, ‘취약단계 3(보통)’ 지역은 광주광역시, 전라북도, 충청북도 및 강원도 등 다수의 행정구역에서 높은 것으로 나타났다. ‘취약단계 2(좋은)’ 지역은 대구광역시, 울산광역시 및 인천광역시 등이 높은 것으로 나타났다. 현재 운영되고 있는 태양광발전소 30곳을 비교·검토한 결과, 대부분 취약단계 2 및 3단계 지역에 위치하

며, 상대적으로 태양광에너지가 적합한 지역에 위치함을 나타냈다. 하지만 본 연구의 한계점인 태양광발전소의 제한적인 자료량으로 인해 본 연구결과의 정확성을 명확하게 평가하기는 어렵다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 GIS 공간분석 기법을 이용하여 다양한 기상 및 지형요소들을 고려하여 전국을 대상으로 태양광발전시설에 대한 취약지도 평가를 시도하였으며, 국내 전 지역에 대한 자료를 제시함으로써 태양광발전과 관련된 부분에 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

**추가 주제어:** 기상자료, 중첩분석, 취약지역, 대체에너지, 대리변수

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ0134 472019)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## Literature Cited

- Baek, C.H., D.H., Choi, B.Y., Lee and I.G., Lee. 2017. Characteristics of meteorological elements and long-wave radiation in the greater Daegu area during winter. *Journal of the Korean Solar Energy Society*, 37:93-102.
- Jang, J.H., O.H., Kwon, S.H., Lee, M.S., Shin and K.S., Lee. 2018. A preliminary research of the bifacial PV system under installation conditions. *Journal of the Korean Solar Energy Society*, 38:51-63.
- Jeong, J.C. 2012. The analysis of a potential solar energy resource map. *Korean Society of Environmental Impact Assessment*, 21:573-579.
- Jo, D.K., Y.H., Gang and C.M. Auh. 2002. A study on the feasibility analysis for the use of solar energy in Korea using a satellite. *Journal of the Korean Solar Energy Society*, 22: 21-30.
- Kang, D.H., S.Y. Lee, J.K. Kim, H.K. Choi, M.J. Park, S.W. Yun, and J.K. Son. 2016. Suitability site selection by meteorological factors for the protected horticulture complex in Saemanguem. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 25:1-8.
- Kim, C.K., S.Y., Kim, H.G., Kim, Y.H., Kang and C.Y. Yun. 2018. Derivation of typical meteorological year of Daejeon from satellite-based solar irradiance. *Journal of the Korean Solar Energy Society*, 38:27-36.
- Kim, D.H., D.H. Kang, S.Y. Lee, J.K. Son, M.J. Park, Y.C. Yoon and S.W. Yun. 2017. GIS Spatial Analysis of Vulnerability of Protected Cultivation Area to Meteorological Disaster : A Case Study of Jeollanamdo Province, South Korea. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 26:87-99.
- Kim, D.S., B.J. Kim and U.C. Shin. 2017. Evaluation of electricity generation according to installation type of photovoltaic system in residential buildings. *Journal of the Korean Solar Energy Society*, 37:35-45.
- Kwon, O.H. and K.S. Lee. 2018. Photovoltaic system energy performance analysis using meteorological monitoring data. *Journal of the Korean Solar Energy Society*, 38:11-31.
- Lee, G.J., G.H. Lee and S.W. Kang. 2017. A case study for analyzing the optimal location for a solar power plant via AHP analysis with fine dust and weather information. *J. Korea Saf. Manag. Sci.* 19:157-167.
- Lee, G.S. and J.J. Lee. 2018. The analysis of solar radiation to solar plant area based on UAV geospatial information system. *Journal of Cadastre & Land Information*, 48:5-14.
- Lee, J.Y. and I.J. Kang. 2010. A study on PV system facilities using geo-spatial information system. *Journal of Korean Society for Geospatial Information System*, 18:99-105.
- Lee, K.R., W.H. Lee. 2015. Solar power plant location analysis using GIS and analytic hierarchy process. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 18:1-13.
- Park, J.I., M.H. Park, and S.Y. Choi. 2012. A study on GIS based suitability analysis of solar photovoltaic power generation using correlation analysis. *The Korean Society of Cadastre* 28:91-107.
- Sim, J.B., J.D. Lee, S.S. Lee and K.E. Lee. 2010. The better position of powerstation decided by solar through GIS analysis. *Korean Society of Civil Engineers Conference* pp. 1126-1129.
- Yun, C.Y., B.R. Jung, S.Y. Kim, C.K. Kim, J.Y. Kim, H.G. Kim, Y.H. Kang and Y.I. Kim. 2018. Analysis of shadows effect in Seoul area for the estimation of roof-type PV power calculation. *Journal of the Korean Solar Energy Society*, 38:45-53.