

기후요소와 지형 공간요소를 이용한 일사량 모델링 Insolation Modeling using Climate and Geo-Spatial Elements

김병우* · 강인준** · 한기봉***

Kim, Byung Woo · Kang, In Joon · Han, Ki Bong

要 旨

본 연구는 태양광 에너지 발전 시설의 효율 증대와 입지 선정을 위한 태양광 역추적에 관한 연구이다. 기후 및 지형요소들을 가지고 소규모 지역의 태양광을 역추적 하는데 목적을 두고 있다. 6가지 기후요소들에 대해 상관 분석을 수행, 상관계수 및 유의확률을 확인하여 상관관계가 없다고 판단된 풍속과 구름의 양은 제외하였다. 나머지 기후요소 및 지형요소를 가지고 각각 회귀분석을 수행해본 결과, 일사량에 가장 큰 영향을 끼치는 요소로는 일조량과 지형의 고도였다. 이 결과를 바탕으로 정확한 일사량 모델링을 위해 기후 및 지형요소를 가지고 일사량 모델링을 수행한 결과, 기후요소가 지형요소에 비해 더 큰 계수 값을 가졌다. 이는 기후요소가 지형요소에 비해 더 큰 영향력을 가진다는 것을 의미한다.

핵심용어 : 태양광 발전 시설, 역추적, 기후요소, 지형요소, 상관분석, 회귀분석

Abstract

This research is a thing about reverse operation about the solar power for location decision and increasing efficiency of the solar power generation equipments. The purpose of this research is reverse operation about the amount of sunshine using the climate and spatial elements. Following the result of correlation analysis, the wind-speed and cloud-amount factor are excluded, because the correlation and significance coefficients are out of value. Each outcome of regression analysis using the other four climate elements, and regression analysis using spatial elements is what the amount of sunshine and the solar altitude are the most influence to the insolation-modeling. Doing the regression analysis based on the precedent result make the result that climate elements have bigger coefficient of regression than spatial elements. This outcome means the climate elements are more influence than spatial elements.

Keywords : solar power generation, reverse operation, climatic elements, spatial elements, correlation analysis, regression analysis

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

18세기 산업혁명 이후, 산업의 발달은 여러 가지 분야에 있어 인류에게 안락한 삶을 제공해 왔다. 이에 반해, 산업혁명의 가속은 화석 연료의 소비를 증가 시키는 원인이 되었고 이러한 화석 연료의 소비 증가는 화석연료의 고갈이라는 문제와 환경오염이라는 또 다른 문제를 야기 시켰다. 이러한 화석연료 사용의 부작용으로 인해 인류는 새로운 에너지원의 개발을 필요로 하게 되었고, 이는 친환경 에너지 및 신재생 에너지의 개발의

원동력이 되었다. 태양광 발전은 친환경 에너지의 가장 큰 부분을 차지하고 있다. 현재 진행되고 있는 태양광 발전 연구 분야는 태양광 발전 설비에 관한 연구와, 대규모 지역에서의 일사량 및 일조량에 관한 연구이다. 그러나 소규모 태양광 발전시설의 수요가 늘어나고 있는데 반해, 소규모 지역에 대한 입지선정에 관한 연구는 미미한 실정이다.

본 연구의 목적은 소규모 지역에 대한 태양광 발전 설비의 입지 선정을 위한 일사량 모델링 기초 연구로서 소규모 지역에 대해 기후요소와 지형요소를 이용하여 일사량 역추적 관계식유추에 목적을 두고 있다. 일사량

2010년 10월 24일 접수, 2010년 11월 20일 채택

* 정희원 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 석사과정(apple0039@pusan.ac.kr)

** 교신저자 · 정희원 · 부산대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 교수(ijkang@pusan.ac.kr)

*** 부산대학교 공과대학 지형정보협동과정 박사수료(irstml1@pusan.ac.kr)

의 정확한 역추적을 위해 여러 가지 기후 요소 및 지형 요소들과 일사량과의 관계를 분석하였고, 그 결과를 바탕으로 소규모 지역에 대한 일사량을 계산 해낼 수 있는 역추적 관계식 개발에 중점을 두었다. 기존의 대규모 지역에 관한 태양광 연구에서 벗어나 소규모 지역에서의 태양광 발전시설의 활용도를 높이기 위한 기초 연구이다. 일사량 역추적을 통하여 태양광 발전 시설의 합리적인 입지선정을 통한 ‘제로 에너지 하우스’ 또는 ‘간이 발전 시설’ 같이 소규모 발전 시설을 필요로 하는 소규모 지역에서의 발전 시설의 효율을 극대화시키기 위한 연구이다.

1.2 연구동향

본 연구와 관련된 연구동향을 살펴보면 여러 가지 기후 요소들의 주성분 분석을 이용하여 한국의 기후를 구분 및 분석한 연구(1987, 박현욱), 국내에 설치된 집열판의 각도와 방위각을 이용하여 일사량 추정에 관한 연구(2006, 김정민 등), 집열판의 각도가 0수평면 일사량에 미치는 영향의 정도 관한 연구(2008, 김영일 등), 태양광 발전 추적 시스템 제어에 있어 일사량의 변화과 태양광 발전 시설의 전력손실에 미치는 영향에 관한 연구(2008, 박기태 등), 고집광 태양에너지 이용시스템 설치를 위한 직달일사량과 청명일에 관한 조사(2006, 조덕기 등), 태양광발전시설 입지성 향상 방안을 위한 공간통계기법을 이용한 연구(2010, 김호용), 산간분지의 주택밀도 결정에 태양광도가 미치는 영향력 평가 연구(2009, 엄정섭), 건축물에 적용된 태양광 발전시스템의 경제성 평가(2006, 김주영, 등), 한국에너지기술연구원에서 실시한 신재생에너지 자원지도 서비스(2009)가 있다.

1.3 연구방법

본 연구는 그림 1과 같이 부산지역 AWS 940번(부산

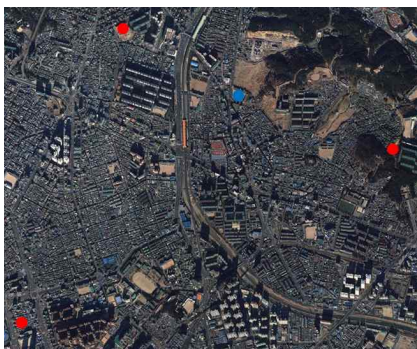


그림 1. 연구지역

광역시 동래구 명륜1동 위치)을 중심으로 태양광 발전 시설이 설치된 학교 3곳(창신 초등학교, 학산 여자 중학교, 온천 초등학교)을 연구지역으로 선정하였다. 연구지역내의 데이터 수집은 AWS 및 GPS를 이용하여 기후요소 및 지형요소를 측정하였다.

본 연구는 연구지역에서 측정한 일사 합과 다섯 가지의 기후요소(일조 시간, 구름의 양, 습도, 온도, 풍속) 및 지형요소(태양의 방위각, 태양 고도, 지형의 상대기울기) 간의 상관관계를 분석하여 이 다섯 가지를 이용, 일사 합을 추정하였다. 연구 방법은 크게 세 가지 방법으로 수행 하였다. 다섯 가지 요소가 일사량에 미치는 영향을 파악하기 위해 첫 번째로 1999년부터 2008년까지 다섯 가지의 기후요소와 일사량을 년도 별로 구분하여 상호간의 상관관계를 추정하였다. 추정한 결과를 이용하여 다섯 가지의 기후요소가 매년 일사량에 어떤 영향을 주었는지 분석, 최종적으로 기후요소와 일사량과의 관계를 파악하기 위해 각각의 요소를 계절 별로 분석하였다.

두 번째로, 봄(3월~5월), 여름(6월~8월), 가을(9월~11월), 겨울(12월~2월)로 각각 구분하여 다섯 가지의 요소가 어떠한 영향을 미치는지에 대해 연구하였다. 이를 바탕으로 기후요소가 각각의 계절별 영향을 분석하고 각 계절별로 회귀분석을 하여 일사 합을 추정할 수 있는 식을 유추해 보았다.

세 번째 방법으로 지형요소를 이용하여 일사량 역추적을 실시하였다. 연구지역의 태양 방위각, 고도, 상대기울기를 이용하여 일사량과의 상관관계를 분석하는 한편, 세 가지 요소를 이용하여 일사량 분석을 실시하였다.

2. 통계 분석

2.1 상관관계분석 및 다중 회귀 분석

상관관계분석이란, 두 변수간의 관계를 분석하는 방법으로 이때의 상관계수는 +1 혹은 -1에 가깝게 나타난다. +1일 경우 정(正), -1일 경우 부(負)의 선형관계가 있다고 한다. 이에 비해 한 변수의 값의 변화로부터 다른 변수의 값의 변화 방향을 예측할 수 없는 경우가 있는데 이 경우, 두 변수들 간에는 관계가 전혀 없거나 거의 없다고 할 수 있으며 이때의 상관계수는 0이다. Pearson 상관관계분석은 여러 상관계수 중 Pearson 상관계수라는 일반적인 상관계수를 이용하여 분석하는 방법이다.

다중회귀분석은 두 개 이상의 독립변수들과 하나의 종속변수의 관계를 분석하는 기법이다. 이 분석방식에

는 동시입력방식과 단계입력방식이 있으며, 동시입력 방식은 모든 독립변수들을 한꺼번에 포함하여 분석하는 방법으로 이 방식은 특정 독립변수의 영향력을 알 수 있으며 모든 독립변수들이 동시에 종속변수를 설명하는 정도를 알 수 있다. 단계입력방식은 다른 변수들이 회귀 식에 존재할 때 종속변수에 영향력이 있는 변수들만을 회귀 식에 포함시키는 방식으로 설명력이 높은 변수의 순으로 회귀 식에 포함된다.

3. 일사량 모델링

일사량은 태양의 복사의 세기(밀도)를 의미한다. 일사량 측정을 위해서는 태양광선에 직각으로 1cm² 넓이의 판을 놓고 1분 동안 판에 비추는 복사량으로 측정하며, 위도에 따라 다르게 나타난다. 또한, 에너지의 단위로 표시한다. 일조량은 일정한 물체의 표면이나 지표면에 비치는 햇빛의 양을 의미하며, 시간의 단위로 표현한다.

3.1 기후요소를 이용한 일사량 모델링

일사량 모델링을 위해 회귀분석을 수행하기에 앞서 상관 분석을 수행하여 일사량과 기후요소들 간의 상관

관계를 산출하였다. 표 1의 결과, 유의확률(양쪽)에서 일조량, 습도, 온도, 시간 4가지 항목은 유의확률이 0.1보다 낮게 나타나, 일사량과 상관도가 있음을 확인할 수 있었다. 그중에서 일조량이 0.786으로 정(正)의 상관관계를 가지고 4가지 항목 중 가장 상관도가 높은 것으로 나타났다. 습도와 온도의 경우 0.522로 정(正)의 상관관계를 나타냈지만, 다른 항목들에 비해 상관도가 낮음을 확인하였다. 구름의 양과 풍속의 경우, 상관계수가 0.354, 0.134로 낮게 나왔고 유의확률(양쪽)이 0.1보다 큰 0.214, 0.647로 일사량과 상관관계가 없다는 결과가 나타났다.

상관 분석 결과를 바탕으로, 기후요소들이 일사량에 미치는 영향 도를 분석하기 위해 유의확률이 높은 구름의 양과 풍속을 제외한 4가지 변수를 가지고 전진선택(Forward)을 통해 회귀분석을 실시하여 표 2와 같이 일사 량에 관한 관계식을 유도하였다. 분석 과정에 있어 여러 가지 변수가 존재하기에 4가지 기후요소에 대한 분산을 구하고 분산 값이 큰 것은 삭제 하여 결과의 정확도를 높였다. 표 2에서 10년(1999년~2008년) 간의 기후요소를 이용한 관계식 유도 결과(2-a : 봄, 2-b : 여름, 2-c : 가을, 2-d : 겨울) 계절별로 다양하게 나타났다. 그러나 데이터 분석 과정에서, 일조시간의 변수는

표 1. 일사량-기후요소 상관관계분석 결과

		일사량	일조량	전운량	습도	온도	시간	풍속
일사량	Pearson 상관계수	1	.786**	.354	.522	.522	.541*	.134
	유의확률 (양쪽)		.001	.214	.055	.055	.046	.647
	N	14	14	14	14	14	14	14
일조량	Pearson 상관계수	.786**	1	.298	.542*	.528	.662**	.093
	유의확률 (양쪽)	.001		.300	.045	.052	.010	.753
	N	14	14	14	14	14	14	14
전운량	Pearson 상관계수	.354	.298	1	.869**	.802**	-.389	.017
	유의확률 (양쪽)	.214	.300		.000	.001	.169	.954
	N	14	14	14	14	14	14	14
습도	Pearson 상관계수	.522	.542*	.869**	1	.963**	-.036	-.022
	유의확률 (양쪽)	.055	.045	.000		.000	.904	.939
	N	14	14	14	14	14	14	14
온도	Pearson 상관계수	.522	.528	.802**	.963**	1	.070	-.025
	유의확률 (양쪽)	.055	.052	.001	.000		.812	.933
	N	14	14	14	14	14	14	14
시간	Pearson 상관계수	.541*	.662**	-.389	-.036	.070	1	.054
	유의확률 (양쪽)	.046	.010	.169	.904	.812		.856
	N	14	14	14	14	14	14	14
풍속	Pearson 상관계수	.134	.093	.017	-.022	-.025	.054	1
	유의확률 (양쪽)	.647	.753	.954	.939	.933	.856	
	N	14	14	14	14	14	14	14

표 2. 일사량-기후요소 일사량 모델링 결과

2-a						2-b							
계수 ^a						계수 ^a							
모형	비표준화 계수		표준화 계수		t	유의확률	모형	비표준화 계수		표준화 계수		t	유의확률
	B	표준오차	베타	베타				B	표준오차	베타	베타		
1 (상수)	332.897	18.379			18.113	.000	1 (상수)	262.054	21.445			12.220	.000
온도	10.113	1.461		.811	6.920	.000	일조량	.528	.052		.896	10.102	.000
2 (상수)	151.140	43.615			3.465	.002							
온도	11.011	1.128		.883	9.758	.000							
일조량	.342	.078		.398	4.399	.000							
a. 종속변수: 일사량						a. 종속변수: 일사량							
제외된 변수 ^c						제외된 변수 ^b							
모형	베타 입력	t	유의확률	편상관계수	공선성 통계량		모형	베타 입력	t	유의확률	편상관계수	공선성 통계량	
					공차	공차						공차	공차
1	일조량	.398 ^a	4.399	.000	.668	.967	1	시간	-.118 ^a	-1.163	.256	-.231	.750
	시간	.255 ^a	2.360	.027	.434	.997		습도	-.245 ^a	-1.959	.062	-.371	.452
	습도	-.330 ^a	-3.001	.006	-.522	.861		온도	-.014 ^a	-.117	.908	-.024	.610
2	시간	.113 ^b	1.168	.255	.237	.830							
	습도	-.195 ^b	-1.979	.060	-.381	.730							
2-c						2-d							
계수 ^a						계수 ^a							
모형	비표준화 계수		표준화 계수		t	유의확률	모형	비표준화 계수		표준화 계수		t	유의확률
	B	표준오차	베타	베타				B	표준오차	베타	베타		
1 (상수)	208.410	44.757			4.656	.000	1 (상수)	607.410	69.920			8.687	.000
온도	8.298	2.263		.591	3.666	.001	습도	-5.583	1.059		-.733	-5.273	.000
2 (상수)	-99.902	41.549			-2.404	.024							
온도	13.123	1.252		.935	10.483	.000							
일조량	.528	.060		.784	8.786	.000							
3 (상수)	227.848	130.301			1.749	.094							
온도	13.526	1.132		.964	11.947	.000							
일조량	.423	.067		.629	6.320	.000							
습도	-3.788	1.443		-.254	-2.625	.015							
a. 종속변수: 일사량						a. 종속변수: 일사량							
제외된 변수 ^c						제외된 변수 ^b							
모형	베타 입력	t	유의확률	편상관계수	공선성 통계량		모형	베타 입력	t	유의확률	편상관계수	공선성 통계량	
					공차	공차						공차	공차
1	일조량	.784 ^a	8.786	.000	.873	.808	1	일조량	-.115 ^a	-.657	.518	-.136	.648
	시간	.409 ^a	2.788	.010	.495	.951		시간	.073 ^a	.505	.618	.105	.952
	습도	-.617 ^a	-4.904	.000	-.707	.854		온도	.270 ^a	2.065	.050	.395	.997
2	시간	.085 ^b	.904	.375	.185	.736							
	습도	-.254 ^b	-2.625	.015	-.480	.552							
3	시간	.075 ^c	.893	.381	.187	.735							

$$Q_s = 151.140 + 11.011 Q_{sa} + 0.342 Q_{sb} \tag{1}$$

$$Q_s = 262.054 + 0.528 Q_{sb} \tag{2}$$

$$Q_s = 227.848 + 13.526 Q_{sa} + 0.423 Q_{sb} - 3.788 Q_{sc} \tag{3}$$

$$Q_s = 607.410 - 5.583 Q_{sc} \tag{4}$$

Q_s : 일사량, Q_{sa} : 온도

Q_{sb} : 일조량, Q_{sc} : 습도

제외되었다. 이 결과는 일조시간이 일사량과 상관관계는 높게 나타나고 있으나, 실제적으로 식을 유도하는데 있어서는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 하지만 일조량의 경우 겨울(2-d)의 경우를 제외하고는 모든 계절의 회귀식에 사용되고 있는 것으로 보아 영향력이 가장 큰 것으로 나타난다. 그리고 가을 데이터(2-c)중 습도 데이터의 경우, 표준오차 값이 1.443으로 가장 크게 나타나는데, 이는 측정 지역에서의 습도가 매우 자주

변화한다는 의미를 가지며, 변화가 큰 만큼 데이터의 오차 범위 또한, 매우 크다는 것으로 생각된다. 이에 반해, 여름 데이터(2-b)의 일조량의 표준오차 값은 0.052로 매우 작다. 이 결과는 습도와 대조되는 결과로, 타 값에 비해, 일조량 데이터의 편차가 작다는 것을 의미한다.

계절별 역추적 식을 비교해보면, 각 변수들의 표준오차 값은 여름(2-b)에 가장 작게 나타났다. 이는 여름

데이터의 오차 값이 가장 적다는 것을 의미하는데 이는 가장 영향을 크게 미치는 일조량만을 이용하여 일사량을 계산할 수 있기 때문에 가장 작은 표준 오차 값을 가진다고 판단된다.

3.2 지형요소를 이용한 일사량 모델링

본 절에서는 6가지 기후 요소들과 일사량과의 상관관계를 분석하였고, 기후 요소들이 일사량에 영향을 미친다는 사실을 파악하기 위하여 지형요소를 이용하여 분석을 실시하였다. 사용한 지형요소로는 태양의 방위각, 태양의 고도, 지형의 상대기울기 3가지를 이용하였다. 첫 번째로, 방위각의 경우, 표 3의 방위각을 이용하여 계산하였다.

방위각은 태양의 수평적 위치를 나타내는데, 이는 $-180^{\circ} \leq \text{방위각} \leq 180^{\circ}$ 의 값을 가지며 산출식은 다음과 같다.

$$\cos \alpha = (\sinh \times \sin \psi - \sin \delta) / (\cosh \times \cos \psi)$$

α = 태양 방위각 δ = 태양의 적위
 ψ = 지역의 위도 h = 태양 고도

진북점을 기준으로 하여 구한 값이므로, 방위각에서 180° 를 뺀 값의 절대 값을 이용하여, 동서방향의 각을 고려하였다. 두 번째로, 고도의 경우 그림 3에서 구한 태양의 고도를 그대로 사용하였다. 태양의 고도를 계산하기 위해 사용한 식은 다음과 같다.

$$\sinh = (\sin \delta \times \sin \psi) + (\cos \delta \times \cos \psi \times \cos H)$$

δ = 태양의 적위 H = 시각
 ψ = 지역의 위도 h = 태양 고도

마지막으로, 상대기울기는 그림 2과 같이 태양의 고도와 지구로부터 태양까지의 거리, 지구 반지름을 이용하여 상대기울기를 구하였다. 또한 상대 기울기(θ)는 태양과 연구지역의 지표면이 이루는 각을 구하기 위해 다음의 식을 이용하였다.

$$\frac{\Delta h}{\sin \theta} = \frac{l}{\sin 90^{\circ}}$$

Δh = 태양고도 - 측정지역 높이
 l = 지구로부터 태양의 거리
 θ = 상대 기울기

실제 지구로부터 태양의 거리는 연구지역의 크기에

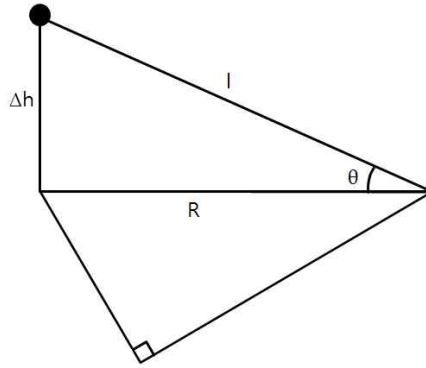


그림 2. 태양의 고도와 상대 기울기

표 3. 시간에 따른 방위각 변화

시간	방위각(도 분 초)	고도각(도 분 초)
09	094 17 43.00	44 01 07.7
10	105 29 10.00	56 05 22.1
11	123 38 53.00	67 16 32.3
12	161 07 52.80	75 00 54.7
13	213 49 52.00	73 17 50.2
14	243 23 54.70	63 56 47.6
15	258 32 39.20	52 21 08.4
16	268 39 52.80	40 11 10.4
17	276 56 43.70	27 57 35.9

비해 너무 크기에, 지구 반지름과 태양까지의 거리의 비인 23,375를 곱하여 값을 보정해 주었다. 상대기울기 부분에 있어서는 간단한 이론적 배경을 바탕으로 산출한 결과 값을 사용하였다.

표 4의 지형요소 상관관계분석 결과를 보면, 일사량과 지형요소간의 상관관계는 0.8 이상으로 매우 높게 나타나고 있으며, 유의확률(양쪽) 또한, 0으로 0.1보다 낮게 나타나 상관관계가 있음을 보이고 있다. 하지만, 방위각-고도, 방위각-기울기, 고도-기울기의 경우 모든 값이 0.871(일사량-고도의 상관계수)보다 높게 나타나 지형요소 역시 회귀분석에 있어 전진선택을 하여 분석을 수행하였다.

식 (5)에서 지형요소들의 계수를 살펴보면 기울기의 계수가 가장 큰 수로 일사량 모델링에 있어 가장 큰 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 표 5를 보면 기울기의 표준오차 오류 값이 가장 크게 나타난 것을 확인 할 수 있다. 이유는 상대기울기가 다른 값들에 비해 가장 작은 값을 가지고 있기에 때문이다. 상대기울기는 연구지역에 나타나는 태양의 기울기로 실제적으로 3.0E-5라디안 정도의 크기를 가지고, 이 수치를 보정하기 위해

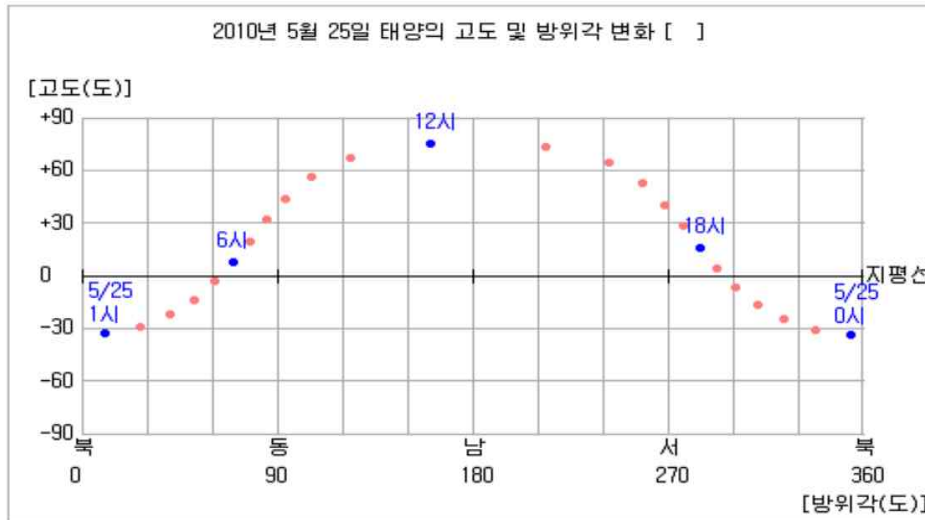


그림 3. 시간에 따른 태양 고도 및 방위각 변화

표 4. 일사량-지형요소 상관관계분석 결과

		상관계수			
		일사량	방위각	고도	기울기
일사량	Pearson 상관계수	1	.829**	.871**	.869**
	유의확률 (양쪽)		.000	.000	.000
	N	42	42	42	42
방위각	Pearson 상관계수	.829**	1	.987**	.982**
	유의확률 (양쪽)	.000		.000	.000
	N	42	42	42	42
고도	Pearson 상관계수	.871**	.987**	1	.999**
	유의확률 (양쪽)	.000	.000		.000
	N	42	42	42	42
기울기	Pearson 상관계수	.869**	.982**	.999**	1
	유의확률 (양쪽)	.000	.000	.000	
	N	42	42	42	42

표 5. 일사량-기후요소 일사량 모델링 결과

		계수 ^a				
		비표준화 계수		표준화 계수		
		B	표준오차	베타	t	유의확률
1	(상수)	-202.138	91.567		-2.208	.033
	고도	20.432	1.819	.871	11.231	.000
2	(상수)	-709.326	210.477		-3.370	.002
	고도	47.571	10.432	2.029	4.560	.000
	방위각	-.225	.085	-1.173	-2.637	.012
3	(상수)	-1544.520	249.182		-6.198	.000
	고도	349.707	66.167	14.914	5.285	.000
	방위각	-.553	.099	-2.884	-5.566	.000
	기울기	-14933.312	3243.450	-11.204	-4.604	.000

a. 종속변수: 일사량

		제외된 변수 ^b				
		베타 입력	t	유의확률	편상관계수	공선성 통계량 공차
1	기울기	-1.492 ^a	-.861	.512	-.105	.001
	방위각	-1.173 ^a	-2.637	.012	-.389	.026
2	기울기	-11.204 ^b	-4.604	.000	-.598	.001

$$Q_s = -1544.520 + 0.349.707H_A - 0.553A_A - 14933.312A_S \tag{5}$$

Q_s : 일사량, A_A : 방위각

H_A : 고도, A_S : 기울기

보정계수를 곱하였다. 이 보정수치는 지구 반지름과 태양까지의 거리 비를 고려한 수치이나, 정확한 기준을 구하지 못하였기에 오차가 발생되었다고 생각된다.

표 6의 결과는 앞서 분석한 결과들을 바탕으로 기후요소들과 지형요소들을 이용하여 일사량 모델링을 실시한 것이다. 분석결과에서는 일조량의 계수가 1.062로 가장 크게 나타났고 방위각과 태양 고도가 각각 0.053, 0.068의 계수를 가졌다. 이 결과는 앞서 기후요소를 가지고 계절별 분석결과에서 일조량이 가장 큰 영향을 미

친다는 결과와 동일하게 나타났다. 또한, 지형요소들 중에서는 작은 값으로 가장 큰 유의확률을 가졌던 상대기울기가 제거되어 정확도가 높아졌다. 그러나 표준 편차를 의미하는 표준 오차 오류결과에서는 일조량이 다른 요소들에 비해 큰 수치 값이 나타났다. 이것은 자료의 분산 값이 큰 관계로 오차 범위의 폭이 넓기에 표준 오차 오류가 적은 지형요소들에 비해 데이터의 신뢰도가 낮다고 생각 할 수 있으며 실측데이터와 계산 데이터의 차이에 기인한 결과로 사료된다.

표 6. 일사량-기후요소 일사량 모델링 결과

모형	계수 ^a		표준화 계수	t	유의확률	제외된 변수 ^d					
	비표준화 계수	표준오차				배타	배타 입력	t	유의확률	편상관계수	공선성 통계량
1 (상수)	420.051	91.834		4.574	.001	태양고도	.026 ^a	.141	.890	.043	.994
일조량	.980	.222	.786	4.405	.001	상대기습기	.055 ^a	.294	.774	.088	.996
태양방위각						태양방위각	.411 ^a	2.893	.015	.657	.976
습도						시간	.038 ^a	.151	.883	.046	.562
온도						습도	.136 ^a	.623	.546	.185	.706
온도						온도	.148 ^a	.690	.504	.204	.721
2 (상수)	252.551	92.608		2.727	.020	태양고도	.319 ^b	2.285	.045	.586	.734
일조량	1.059	.177	.850	5.978	.000	상대기습기	.287 ^b	2.101	.062	.553	.806
태양방위각	.038	.013	.411	2.893	.015	시간	.081 ^b	.413	.688	.130	.558
습도						습도	.028 ^b	.153	.881	.048	.670
온도						온도	.058 ^b	.333	.746	.105	.694
3 (상수)	-60.791	158.107		-3.84	.709	상대기습기	-.524 ^c	-.600	.563	-.196	.020
일조량	1.062	.151	.852	7.047	.000	시간	-.046 ^c	-.259	.801	-.086	.496
태양방위각	.053	.013	.576	4.094	.002	습도	.107 ^c	.697	.503	.226	.636
태양고도	.068	.030	.319	2.285	.045	온도	.073 ^c	.492	.635	.162	.693

$$Q_s = -60.791 + 1.062S_A + 0.053A_A + 0.068H_A \quad (6)$$

Q_s : 일사량, S_A : 일조량

A_A : 방위각, H_A : 태양 고도

4. 결 론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 일사량 모델링 추정을 위해 최근 10년 동안의 기후자료를 단순 분석하는 것뿐만 아니라, 결과의 정확도를 높이기 위해 데이터 분석 및 계절별 분석을 추가로 수행하였다. 분석 결과, 기후요소들 중에서는 일조량이 일사량에 가장 큰 영향을 주며, 반대로 일조 시간이 가장 영향을 적게 주는 것으로 확인되었다.

둘째, 지형요소를 이용한 데이터 분석의 경우 태양에 대한 지표면의 태양고도가 가장 큰 영향을 준다는 것을 확인하였다.

셋째, 앞서 실시한 기후요소와 지형요소를 동시에 이용하여 분석을 실시한 결과, 기후요소가 지형요소에 비해 더 많은 영향을 준다고 확인되었다. 그러나 지형요소의 표준 오차 오류 값은 상당히 작았는데, 이는 기후요소들이 실측한 데이터로서 유동성을 가진 것과 대비하여 지형요소 데이터는 정형화 되어 있는 계산결과를 바탕으로 한 정확한 수치이기에 더 작은 오차 값이 발생한 것으로 판단된다.

넷째, 본 연구에서 발생한 오차들의 원인 중 가장 큰 원인은 요소들 간의 관계 해석이다. 일사량 산출의 위해 사용한 각 요소들 간의 상관관계를 무시하고, 각각의 요소들이 전부 독립적이라는 가정 하에 연구를 진행하였다. 그러나 각각의 기후요소들이 독립적이지 않고 서로 상관되어 있는 만큼 그 것을 무시한 부분에 대해서 모순이 발생하였다.

앞으로, 본 연구를 보다 정확하게 수행하기 위해서는 보다 정확한 기후 및 지형요소 데이터와 함께 각 요소들 간의 상관 분석을 통한 요소들 간의 분석을 추가로 수행해야 할 것이며, 상대기습기의 보정을 위한 정확한 수치를 산출해야 한다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(20090274000, 20090781000)과 2010년도 제 2단계 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음

참고문헌

- LALIT KUMAR(Modelling topographic variation in solar radiation in a GIS environment), Geographical Information Science, 11(5), pp.475-497.
- Paul Hughes (Direct Solar Radiation : A Modeling Technique).
- 유호천(표준기상데이터의 운량과 일사량 데이터 비교 분석), 한국태양에너지학회논문집, 29(2), pp.330-335.
- 조덕기(기상매개변수와의 상관관계에 의한 일사예측에 관한 연구), 한국태양에너지학회 논문집, 28(3), pp.1-6.
- 이관호(국내 주요도시의 일조시간데이터를 이용한 시간당일사량 산출 및 분석), 한국태양에너지학회 논문집, 30(2), pp.16-21.
- 김호영(공간통계기법을 이용한 태양광발전시설 입지 정

- 확성 향상 방안), 한국지리정보학회지, 13(2), pp.146-156.
7. 김주영(건축물에 적용된 태양광발전시스템의 경제성 평가에 관한 연구), 대한건축학회지, 22(5), pp.295-302.
 8. 엄정섭(산간분지에서 주택밀도의 결정인자로서 태양광도의 영향력 평가), 한국지역지리학회지, 15(6), pp. 689-706.
 9. 조덕기(국내 고집광 태양에너지 이용시스템 설치를 위한 법선면 직달일사량과 청명일 정밀조사), 한국태양에너지학회 논문집, 26(3), pp.53-62.
 10. 조덕기(집광식 태양광 발전시스템 설치를 위한 태양광자원 성분분석에 관한 연구), 한국태양에너지학회 논문집, 27(2), pp.53-59.
 11. 천문우주지식정보(<http://astro.kasi.re.kr>)