



건물일체형 태양광발전 시스템 성능평가 프로그램 개발

The Development of Performance Evaluation Program of Building Integrated Photovoltaic System

김법전* · 박재완** · 윤종호*** · 신우철****

Kim, Beob-Jeon* · Park, Jae-Wan** · Yoon, Jong-Ho*** · Shin, U-Cheul****

* Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Daejeon Univ., South Korea (coolsociety@hanmail.net)

** Coauthor, Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Daejeon Univ., South Korea (mil0156@hanmail.net)

*** Coauthor, Dept. of Architectural Engineering, Hanbat National Univ., South Korea (Jhyoon@hanbat.ac.kr)

**** Corresponding author, Dept. of Architectural Engineering, Daejeon Univ., South Korea (shinuc@dju.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: In design and planning Building Integrated Photovoltaic(BIPV) system can reduce cost by replacing building facade as construction material such as roofs, outer walls and windows as well as generating electricity. BIPV system should be applied at the early stage of architectural design. However, it is hard to decide whether using BIPV system or not for architects and builders who are not professional at BIPV system because performance of system is considerably influenced by types of module, installation position, installation methods and so on. It is also hard for experts because commercialized analytical program of photovoltaic systems is too complicated to use and domestic meteorological data is limited to partial areas. Therefore, we need evaluation program of BIPV system which can easily but accurately interpret generating performance and evaluate validity of BIPV system at the early stage of architectural design even for inexpert. **Method:** In this study, we collected meteorological data of domestic major region and analyzed generation characteristic of BIPV system by using PVsyst(commercialized software) in accordance with regions, types of solar module, place and methods of installation and so on. Based on this data, we developed performance evaluation program of BIPV system named BIPV-Pro, through multiple regression analysis and evaluated its validity. **Result:** When comparing predictive value of annual average PR and annual electricity production of BIPV-Pro an that of PVsyst, each of root mean square error was 0.01897 and 123.9.

© 2015 KIEAE Journal

KEYWORD

건물일체형 태양광발전시스템
다중회귀분석
성능비
태양광발전해석 프로그램

Building Integrated Photovoltaic System
Multiple Regression Analysis
Performance Ratio
Photovoltaic System Analysis Program

ACCEPTANCE INFO

Received May 29, 2015

Final revision received August 17, 2015

Accepted August 19, 2015

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

건물일체형 태양광발전(Building Integrated Photovoltaic, 이하 BIPV) 시스템은 PV 시스템과 달리 별도의 설치부지가 필요하지 않으며, 기존 전기를 생산하는 기능 외에 건축외장재용으로 전자 재화 하여 지붕, 외벽, 창호 등과 같은 건물 외피를 대체하여 비용 절감의 이중효과를 가져온다. 일반 거치형 PV 시스템의 경우 건물 옥상이나 지붕에 덧댄 형식으로 설치되며, 건물의 미관을 해치는 이유로 건축가나 건축주들에게 거부감을 유발시킬 수 있으나, BIPV 시스템은 건물의 외관까지 충족할 수 있는 장점을 갖고 있다. 특히 제한된 국토와 인구밀도가 높은 국내 상황에서 태양광발전의 효율적인 보급을 위해서는 건물의 지붕 및 입면 파사드에 태양광을 접합시키는 방법이 매우 효율적이다. 또한 커튼월, 천장, 차양, PV 지붕타일, 반투명 PV 창호 등 매우 다양한 형태로 개발 가능한 첨단 유망기술 분야로 인식되고 있다.¹⁾

한편 건축계획 및 설계 초기단계부터 반영되어야 하는 BIPV

시스템 설치하는 모듈의 종류, 설치유형 및 설치여건 등에 따라 발전 성능이 크게 달라지는 특성으로 인해, 전문적인 지식이 부족한 건축가나 시공자들이 시스템 설치의 적정성을 판단하기에는 어려운 실정이다. 또한 국외에 개발된 대부분의 상용 태양광발전시스템 분석프로그램은 입력조건이 복잡하고 국내 기상자료가 일부 지역에 한정되어 정확한 평가가 어려운 현실이다. 따라서 본 연구에서는 비전문가도 설계 초기단계에서 BIPV 시스템의 발전 성능을 해석하고, 이에 따른 시스템의 적정성을 간단하고 정확하게 평가할 수 있는 건물일체형 태양광발전시스템 평가 프로그램을 개발하고 그 타당성을 검토하였다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

Fig 1은 프로그램 개발을 위한 본 연구의 수행 절차를 나타낸 것이다. 첫 번째 단계에서는 국내 주요지역의 기상데이터를 확보하였으며, 다음 단계에서는 지역별, 태양광 모듈종류, 설치위치 및 방법 등에 따른 태양광발전시스템의 발전특성 등을 상용 소프트웨어, PVsyst를 이용하여 해석하였다. 마지막 단계로 이 결과를 기반으로 상관관계분석 및 다중회귀분석을 통해 건물일체형 태양광발전시스템의 연간 발전량을 간단하게 분석할 수 있는 추정

식을 유도하고, 엑셀기반의 성능평가 프로그램을 개발하였다.

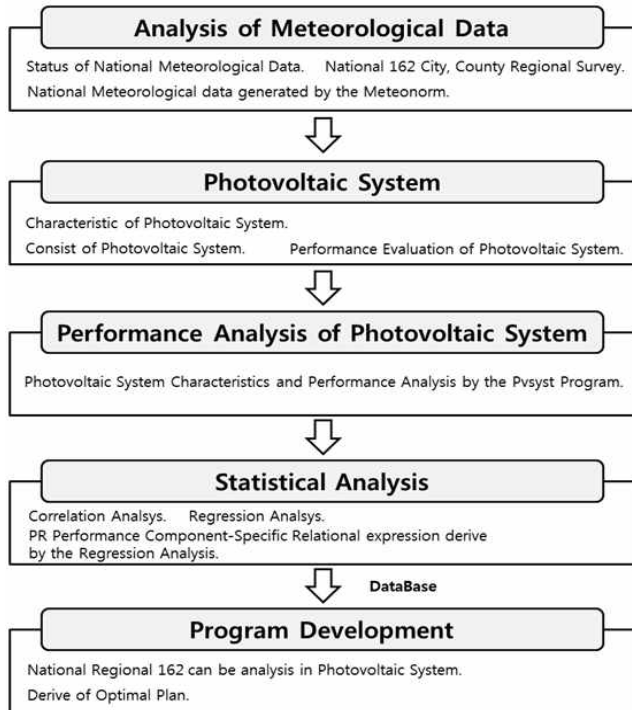


Fig 1. Program development process

2. 국내지역 기후분석

2.1. 국내 기상자료의 현황

태양광발전시스템의 평가를 위해서는 기본적으로 지역별 기후 자료분석이 선행되어야 한다. 국내에서 기상자료를 측정하는 기관은 기상청²⁾으로 지역에 따라 청, 기, 관으로 나누어 94개 지역의 기상자료를 수집하고 있다. 그러나 태양광발전시스템 해석에 필수적인 요소인 일사량 측정은 청에 해당하는 서울특별시, 광역시, 도청 소재지 중심으로 이루어지고 있어 그 외 지역의 일사량 자료는 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 Meteornorm 프로그램을 이용하여 총 162개 지역에 대한 기상자료를 확보하였다.

2.2. 기상자료의 신뢰성

Meteornorm³⁾은 1985년부터 스위스 Meteotest사에서 개발한 글로벌 기후 데이터베이스로서 전 세계 8,300 곳 이상의 기상관측소(Meteorological station)에서 일사량, 온도, 습도, 강수량, 풍향, 풍속, 일조시간, 일별 강수량 등 8가지의 월간 기후자료 평균값을 기반으로 전 세계 모든 지역에 대한 월별, 시간별 기상자료를 해석하고 제공할 수 있는 프로그램이다.

Fig 2는 Meteornorm 기상데이터의 신뢰성을 검증하기 위해 한국태양에너지학회에서 제공하는 대한민국의 기상데이터⁴⁾의 5개 지역별 연간 수평면일사량을 비교한 것이다. 지역별 연간 수평면 일사량의 상대오차는 0.8%~5.0%로 나타났다.

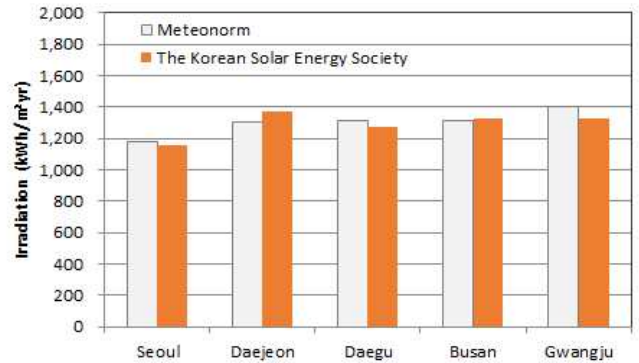


Fig 2. Annual irradiation

3. 건물일체형 태양광발전시스템

3.1. 건물일체형 태양광발전시스템의 설치유형

건축물에 적용되는 태양광발전시스템은 벽면이나 지붕면 등 다양한 경사각과 향(방위각)에 따라 설치되며, 모듈종류에 따라 단결정, 다결정, 박막형으로 분류된다. 또한 Fig 3과 같이 설치방법에 따라 노출형, 통풍형, 밀폐형으로 3가지로 구분된다.



Fig 3. Installation types of PV systems

3.2. 태양광발전시스템의 성능

연간 태양광발전량은 식 (1)에 의해 계산된다.

$$Y_F = I_t \times E \times A \times PR \quad (1)$$

여기서,

Y_F : 연간 태양광발전량(kWh)

I_t : 입사면 연간 총일사량 (kWh/m²)

E : 모듈정격효율 (%)

A : 모듈면적 (m²)

PR : 연평균 성능비

태양광발전시스템의 성능저하 및 손실요인을 평가하는 성능비 (Performance Ratio, 이하 PR)은 태양광발전 어레이의 정격 용량에 대한 태양광발전 시스템 손실의 영향을 나타내는 지표가 된다. PR의 손실성분은 입사각 수정계수 손실, 일조강도 손실, 온도 손실, 모듈품질 손실, 어레이 부정합 손실, 저항배선 손실, 인버터 작동 손실 등이 있다. 일반적으로 PR의 성능이 80% 이상이면 양호하고, 70% 이하이면 태양광발전시스템에 관련된 부품의 고장이나 음영발생, 시공 상의 문제점이 있는 것으로 판단할 수 있다.⁵⁾

3.3. PVsyst 프로그램의 고찰

PVsyst⁶⁾는 스위스 제네바 대학교에서 개발된 태양광발전해석 소프트웨어로서 광범위한 기상자료와 PV 구성요소의 데이터베이스를 제공하고 있다. 계통연계형과 독립형, DC 그리드 연계형 등 다양한 시스템의 시간별 해석이 가능하며, 전 세계적으로 연구 및 실무용 프로그램으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 다양한 형태로 건축물에 적용되는 태양광발전시스템을 설정하고 14,000회 이상의 시뮬레이션을 실시하여 그 발전성능을 검토하였다.

4. 다중 회귀분석을 통한 PR 손실성분 예측

4.1. 상관관계분석

본 연구에서는 PVsyst에서 해석한 PR 손실성분을 종속변수로 두고 상관분석을 통하여 PR 손실성분 값에 영향을 줄 수 있는 요소들을 독립변수로 추출하였다. 상관분석은 하나의 변수와 다른 변수와의 밀접한 관련성과 변화를 분석하는 방법으로 변수들 간의 상호관계 정도를 분석하는 통계적 기법이다. 두 변수가 관련이 있을수록 상관계수의 값은 1에 가까이 가게 되며, 0은 선형관계가 아님을 나타낸다. 이러한 상관관계분석을 통해 모듈설치위치(방위각 및 경사각), 연간 일사량, 모듈 효율, 온도계수, 모듈품질오차 등이 PR 손실성분에 상관관계가 높은 것으로 분석되었다.

4.2. 다중회귀분석

다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)은 1개의 종속변수와 2개 이상의 독립변수 간의 선형 관계를 이용하여 하나의 종속변수 Y가 나머지 독립변수($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$)들로부터 예측이 가능하게 하는 통계적 기법이다. 상관분석을 통한 PR 손실성분들의 독립변수는 기본적으로 2개 이상으로 나타나 다중 회귀분석을 실시하였다.

식 (2)와 Table 1은 PR의 손실성분에 대한 다중 회귀분석식을 나타낸 것이다. PR은 PR 손실성분의 합이 된다.

$$PR_{loss} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + a_6X_6 + a_7X_7 \quad (2)$$

여기서,

PR_{loss} : PR 손실성분

a : 회귀계수

X : 독립변수

다중회귀분석의 적합도를 판정하는 조정결정계수(adjusted coefficient of multiple determination)는 식 (3)과 같다. 일반적으로 조정결정계수가 0.9보다 클 때 적합성이 높은 것으로 판정된다.

$$\overline{R^2} = 1 - \frac{S_e/(n - k - 1)}{S_{yy}/(n - 1)} \quad (3)$$

여기서,

k : 독립변수의 수

n : 표본의 크기

S_e : 잔차제곱의 합

S_{yy} : 편차제곱의 합

Table 1은 PR 손실성분에 대한 다중회귀분석의 독립변수를 나타낸 것이다.

Table 1. Independent Variables of Multiple Regression

Nu.	IAM factor	Irradiance level	Temperature loss	Module Quality	Array mismatch	Ohmic wiring	Inverter operation
X ₁	Azimuth	Tilt	Azimuth	Tilt	GlobInc	Tilt	GlobInc - IAM
X ₂	GlobInc	GlobInc	Tilt	GlobInc	Module Efficiency (STC)	GlobInc	Inverter Efficiency
X ₃	DiffEff	Module Efficiency (STC)	GlobInc	Module Quality Tolerance.	Module Efficiency (200W/m ²)	Module Efficiency (STC)	
X ₄	DiffSnc	Module Efficiency (200W/m ²)	Beamlnc	Module Efficiency (STC)	Temperature Coefficient	Module Efficiency (200W/m ²)	
X ₅	AlbInc		Module Efficiency (STC)	Module Efficiency (200W/m ²)		Temperature Coefficient	
X ₆			Module Efficiency (200W/m ²)	Module Quality Tolerance			
X ₇			Temperature Coefficient				

* Azimuth : Azimuth angle, Tilt : Tilt angle, GlobInc : Incident global irradiation, Beamlnc : Incident beam irradiation, DiffEff : effective diffuse collected for all optical losses, DiffSnc : Incident diffuse irradiation(from sky), Incident albedo irradiation, Module Efficiency (STC) : Module efficiency at STC, Module Efficiency (200W/m²) : Module efficiency at test conditions of 200W/m² solar irradiance

각 손실성분에 대한 다중회귀분석 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 입사각 수정계수 손실 (IAM factor loss)

입사각수정계수 손실은 입사광선과 태양광 모듈 법선이 이루는 입사각의 증가에 따라 나타나는 투과율 저하⁷⁾와 이에 따른 발전량 저하를 의미한다. 입사각 수정계수 손실에 대한 다중회귀분석의 조정결정계수는 0.91604가 되었으며, 독립변수에 대한 P-값은 방위각과 경사각이 각각 0.00464와 0.00687, 나머지 성분도 0.0001 이하로서 유의수준 0.05 보다 작은 것으로 나타났다.

(2) 일사강도 손실 (Irradiance level loss)

일사강도손실은 저 일사 영역에서 발생하는 모듈의 발전량 저하를 나타낸다. 일사강도 손실에 대한 다중회귀분석의 조정 결정계수는 0.92093으로 나타났으며, P-값은 모든 독립변수에 대해 0.0001이하가 되었다.

(3) 온도손실 (Temperature loss)

모듈 온도는 모듈에서 태양광발전 전지 접합의 평균 온도를 의미하며, 온도손실에 대한 다중회귀분석은 노출형, 통풍형 및 밀폐형으로 구분되며, 조정결정계수는 0.89002, 0.92648, 0.93934로 각각 나타났으며, P-값은 모든 독립변수에 대해 0.001이하가 되었다.

(4) 모듈품질 손실 (Module Quality loss)

모듈품질 손실에 대한 다중회귀분석의 조정결정계수는 0.99892로 나타났으며, P-값은 모든 독립변수에 대해 0.00001이하가 되었다.

(5) 어레이 부정합 손실 (Array mismatch loss)

직렬 또는 병렬로 연결되어 있는 태양광발전 소자 전체의 최대 출력과 같은 조건에서 따로따로 측정된 각 소자의 최대 출력을 모두 더한 것과의 차이를 의미한다. 어레이 부정합 손실에 대한 다중회귀분석의 조정 결정계수는 0.94335로 나타났으며, P-값은 모든 독립변수에 대해 0.00001이하가 되었다.

(6) 저항배선 손실 (Ohmic wiring loss)

태양광발전시스템을 구성하는 결선 요소는 태양광발전 급전 케이블, 스트링 케이블, 어레이 케이블, 직류 간선 케이블 등이 있다. 저항배선 손실에 대한 다중회귀분석의 조정결정계수는 0.92624로 나타났으며, P-값은 모든 독립변수에 대해 0.00001이하가 되었다.

(7) 인버터작동 손실 (Inverter operation loss)

직류 전류를 단상 또는 다상의 교류 전류로 변환시키는 전기 에너지 변환기로 직류 전력을 교류 전력으로 변환하는 것을 의미한다. 인버터작동 손실에 대한 다중회귀분석의 조정결정계수는 0.95740로 나타났으며, P-값은 모든 독립변수에 대해 0.00001이하가 되었다.

5. 프로그램 개발

본 연구에서는 건물일체형 태양광발전시스템 성능평가 프로그램, BIPV-Pro(Performance Evaluation Program of Building Integrated Photovoltaic System)를 윈도우 시스템 기반 Microsoft Office에서 제공하는 Excel VBA (Visual Basic Application)를 이용하여 개발하였다. 엑셀기반의 본 프로그램은 기상자료 데이터베이스와 태양광발전시스템 성능해석 모듈, 입·출력 정보창 등으로 이루어진다.

5.1. 프로그램 화면 구성

(1) 초기화면

Fig 4는 BIPV-Pro의 초기화면을 나타낸 것으로, 시작(START) 버튼을 클릭하면 태양광발전시스템을 분석할 수 있는 입력 정보창이 생성된다.

(2) 입력 정보창

Fig 5는 BIPV-Pro 프로그램의 입력 정보창을 나타낸 것이다. 프로젝트명과 지역선정, 방위각, 경사각, 모듈종류, 모듈효율, 설치용량, 모듈 설치유형, 온도계수, 모듈품질오차, 인버터 효율을

설정하고 ‘결과분석’ 버튼을 클릭하면 프로그램이 실행된다.

(3) 결과보고서

Fig 6은 BIPV-Pro의 해석 결과보고서를 나타낸 것이다. 보고서 상단에는 지역명과 시스템의 입력조건이 표시되고 하단에는 해석 결과를 나타낸다. 해석결과에서는 연간 수평면 일사량, 연간 지평면 일사량, PR 손실성분, 연간 태양광 발전량 등을 확인할 수 있다.

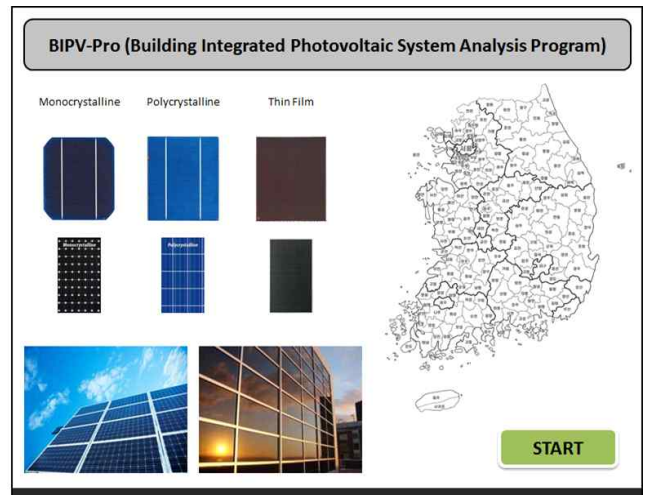


Fig 4. Initial screen of BIPV-Pro



Fig 5. Input screen of BIPV-Pro

프로젝트명				Test simulation			
설치 위치		대전광역시					
설치 조건		방위각	0°	경사각	90°		
모듈 종류		단결정					
모듈 설치유형		통풍형					
태양광 설치용량		3.0		kWp			
모듈 효율		12.2		%			
모듈 면적		24.7		m ²			
인버터 효율		96.0		%			
온도 보정계수		-0.38		-			
모듈품질 오차		-1.3		-			
연간 일사량 (kWh/m ²)		수평면		1,300.0			
		모듈 설치면		984.6			
연평균 PR 손실성분							
PR	어레이손실 (Array loss)	입사각수정계수 손실		-4.9			
		일사강도 손실		-3.4			
		온도손실		-1.8			
		모듈품질 손실		-0.6			
		어레이 부정합 손실		-0.9			
		저항 배선 손실		-0.6			
	시스템 손실 (System loss)	인버터작동 손실		-5.5			
PR		0.82					
연간 발전량 (kWh)		2,434					

Fig 6. BIPV-Pro Report

5.2. 프로그램 신뢰성 검토

BIPV-Pro의 신뢰성을 확인하기 위해 국내 162개 지역 중 25개 지역을 선정하고 설치방법, 방위각, 경사각, 모듈 종류 및 효율, 온도계수, 모듈품질오차, 인버터 효율 등에 따른 건물일체형 태양광 발전시스템의 발전특성을 PVsyst와 비교하였다. Table 2는 태양광발전시스템의 설치조건을 나타낸 것이다. 여기서 25개 지역은 세종특별자치시, 인천광역시, 구리시, 김포시, 파주시, 시흥시, 수원시, 철원군, 동해시, 영월군, 음성군, 청주시, 옥천군, 천안시, 금산군, 익산시, 무주군, 고창군, 곡성군, 순천시, 안동시, 김천시, 경주시, 함양군, 의령군이며, 설치방법은 노출형과 통풍형, 밀폐형으로 분류된다.

Table 3은 Table 2의 설치조건을 갖는 태양광발전시스템에 대한 PVsyst와 BIPV-Pro의 해석결과(연 평균 PR과 연간 발전량)를 비교한 것이다. PR의 상대오차는 0.0~6.4%의 범위에 있으며, 에러(error)에 의해 발생된 표준편차를 의미하는 RMSE(Root Mean Square Error)는 0.0303로 나타났다. 태양광발전량의 경우 상대오차는 0.5~6.8%의 범위에 있으며, RMSE는 123.9로 나타났다. RMSE는 식 (4)와 같이 계산되며 RMSE가 작을수록 모델의 적합성이 더욱 정확함을 의미한다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2} \quad (4)$$

여기서,

x_i : 실제값

\bar{x}_i : 예측값

Table 2. Installation conditions of Photovoltaic System

No	Loc.	Installation method	Azimuth angle (°)	Tilt angle (°)	Module				Inverter Eff. (%)
					Type**	Efficiency (%)	Temp. coef.	Quality (%)	
1	Sejong	A	0	30	mono	12.16	-0.5	-5	96.0
2	Incheon	A	0	60	mono	13.40	-0.4	-5	96.0
3	Guri	A	0	75	mono	14.54	-0.43	-3	96.0
4	Gimpo	A	-30	15	poly	15.09	-0.43	-3	96.0
5	Paju	A	-30	45	poly	16.31	-0.38	-3	91.0
6	Siheung	A	-30	75	poly	17.34	-0.43	-3	96.0
7	Suwon	A	-60	0	a-si	6.37	-0.25	-5	96.1
8	Cheorwon	A	-60	15	a-si	7.04	-0.2	-5	96.1
9	Donghae	B	-60	60	mono	12.16	-0.5	-5	96.0
10	Yeongwol	B	-90	30	mono	13.40	-0.4	-5	96.0
11	Eumseong	B	-90	60	mono	14.54	-0.43	-3	96.0
12	Cheongju	B	-90	90	poly	16.31	-0.38	-3	91.0
13	Okcheon	B	-120	15	poly	16.76	-0.43	-1.6	96.0
14	Cheonan	B	-120	45	poly	18.69	-0.45	-3	96.0
15	Geumsan	B	+120	30	a-si	6.37	-0.25	-5	96.1
16	Iksan	B	+120	0	a-si	7.04	-0.2	-5	96.1
17	Muju	B	+90	45	a-si	8.74	-0.2	-5	96.1
18	Gochang	C	+90	60	mono	12.16	-0.5	-5	96.0
19	Gokseong	C	+90	15	mono	13.40	-0.4	-5	96.0
20	Suncheon	C	+60	60	mono	16.31	-0.38	-3	91.0
21	Andong	C	+60	90	poly	16.76	-0.43	-1.6	96.0
22	Gimcheon	C	+60	15	poly	17.34	-0.43	-3	96.0
23	Gyeongju	C	+30	45	poly	18.69	-0.45	-3	96.0
24	Hamyang	C	+30	60	a-si	8.74	-0.2	-5	96.1
25	Uiryong	C	+30	75	a-si	9.15	-0.24	-10	96.1

* A : mounted module with air circulation, B : semi-integration with air duct behind, C : integration with fully insulated back
 ** mono : Monocrystalline silicon, poly : Polycrystalline silicon, a-si : amorphous silicon

Table 3. Simulation results

No	Loc.	PR			Annual PV electricity production		
		PVsyst	BIPV-Pro	Error (%)	PVsyst (kWh)	BIPV-Pro (kWh)	Error (%)
1	Sejong	0.83	0.86	3.8	3,514	3,669	4.2
2	Incheon	0.84	0.86	1.9	3,074	3,138	2.1
3	Guri	0.83	0.86	2.9	2,691	2,772	2.9
4	Gimpo	0.83	0.85	2.2	3,126	3,200	2.3
5	Paju	0.81	0.84	3.3	3,045	3,191	4.6
6	Siheung	0.85	0.85	0.0	2,622	2,635	0.5
7	Suwon	0.79	0.81	3.2	2,784	2,887	3.6
8	Cheorwon	0.83	0.86	4.3	3,278	3,368	2.7
9	Donghae	0.80	0.82	2.5	2,849	2,935	2.9
10	Yeongwol	0.81	0.85	4.2	2,928	3,057	4.2
11	Eumseong	0.81	0.82	1.9	2,361	2,407	1.9
12	Cheongju	0.76	0.79	4.3	1,607	1,704	5.7
13	Okcheon	0.78	0.82	4.6	2,849	3,056	6.8
14	Cheonan	0.80	0.81	1.9	2,190	2,228	1.7
15	Geumsan	0.76	0.80	4.7	2,497	2,630	5.0
16	Iksan	0.84	0.83	2.2	3,272	3,297	0.8
17	Muju	0.77	0.80	3.7	2,670	2,764	3.4
18	Gochang	0.76	0.78	2.8	2,499	2,582	3.2
19	Gokseong	0.78	0.83	6.4	3,136	3,355	6.5
20	Suncheon	0.76	0.79	3.3	2,872	3,014	4.7
21	Andong	0.75	0.78	3.6	2,084	2,211	5.7
22	Gimcheon	0.80	0.84	5.2	3,263	3,458	5.7
23	Gyeongju	0.78	0.83	6.3	3,291	3,505	6.1
24	Hamyang	0.77	0.80	4.0	3,051	3,171	3.8
25	Uiryong	0.80	0.80	0.3	2,789	2,873	2.9

6. 결론

본 연구에서는 설계초기 단계에서 BIPV시스템의 발전량을 예측하고, 설치 후 시스템의 적정성을 파악할 수 있는 “건물일체형 태양광발전 시스템 성능평가 프로그램”, BIPV-Pro를 개발하고 그 타당성을 검증하였다. 이를 위해 전국 162개 지역의 기후분석 데이터베이스를 확보하였으며, 지역별, 태양광모듈의 종류, 설치 위치, 설치방법 등 다양한 설계조건에 따른 발전성능을 기존 상용 소프트웨어, PVsyst를 이용하여 동적 해석하고, 이 결과를 기반으로 상관관계분석과 다중회귀분석을 통해 예측모델을 유도하였다. BIPV-Pro이 예측한 연평균 PR과 연간 태양광발전량을 PVsyst와 비교할 때 RMSE는 0.0303와 123.9로 각각 나타나 적합성이 높은 것으로 나타났다.

Acknowledgements

This work was supported by the New & Renewable Energy Core Technology Program of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) granted financial resource from the Ministry of Trade, Industry & Energy, Republic of Korea (No. 2012T100100065)

Reference

- [1] 윤종호, “PV 및 BIPV(건물일체형 태양광발전) 시스템의 최근 기술동향”, 조명-전기설비 제 25권 , 제 3호, 페이지, 24-32, 2011. // (J. H. Yoon, The State of the Art in BIPV Technology, J. KIEEME, Vol. 25, No. 3, pp. 24-32, 2011.)
- [2] 기상청 // (Korea Meteorological Administration)
- [3] Meteonorm Global Meteorological Database, Handbook Part I: Software, METEOTEST, 2014
- [4] 한국태양에너지학회, 표준기상데이터 // (Korea Standard Meteorological data, The Korean Solar Energy Society.) (2015-Seoul-R-015, 2015-Daejeon-R-009, 2015-Daegu-R-010, 2015-Busan-R-009, 2015-Gwangju-R-008)
- [5] T. Sugiura, T. Yamada, H. Nakamura, M.Umeya, K. Sakura, and K. Kurokawa, “Measurements, analyses and evaluation of residential PV systems by Japanese monitoring program”, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 75, pp. 767-779, 2003.
- [6] PVsyst, User's Guide, PVsyst Contextual Help, PVsyst SA 1994-2012.
- [7] M. Ebert, H. Stascheit, I. Hadrich, U. Eitner, “The impact of angular dependent loss measurement on PV module energy yield prediction”, 29th European PV solar energy coference and exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 2014.