

# 태양에너지 최적 이용을 위한 전문가시스템 구축

조덕기\* · 최인수\*

Design of an Expert System for the Optimal Use of Solar Energy

Dok-Ki Jo\* · In-Soo Choi\*

## Abstract

In this research, the intensity of solar energy, which was injected to the different angle plane every hour day by day, was technically documented and quantitatively analyzed through actual observations. In order to group every days into days with similar intensity, graph was drawn with respect to time for every day and each area value under the curve was calculated. Then, the search for grouped days having similar intensity curve patterns was carried out. In order to maximize the efficiency of solar energy systems, the optimum incident angle of absorber plate was derived.

## 1. 서 론

### 1-1. 연구의 배경 및 목적

현대사회는 첨단과학의 발달과 경제규모의 팽창에 따라 급격한 에너지 수요의 증대를 초래하였으며, 또한 현재 사용중인 에너지의 대부분을 차지하고 있는 석유를 비롯한 화석에너지는 부존량이 지역적으로 편중되어 있을 뿐만아니라

언젠가는 고갈될 수밖에 없는 한계성을 지니고 있다. 특히 화석연료의 연소과정에서 발생하는 공해물질은 환경의 직접적인 오염뿐만 아니라 지구 온난화 현상 등의 심각한 공해문제를 야기시키고 있다. 이러한 문제점은 70년대 두차례의 석유파동을 통해서 더욱 극명하게 석유를 대체할 수 있고, 공해가 없는 새로운 에너지 기술의 개발을 본격적으로 추진하게 된 계기가 되었으며, 이제는 정부에서도 환경오염 문제를 심각하게 받아들여, 이에 대처할 수 있는 에너지 개발

\* 숭실대학교 산업공학과

에 많은 연구지원을 하고 있는 실정이다.

최근 대체에너지자원 중 인류의 마지막 보루인 태양에너지사업 수행지역이 확대됨에 따라 태양열 및 태양광 시스템의 설계기준 및 이에 따른 설계자료로서 해당 지역에 대한 최적 일사자료가 매우 절실히 요구되고 있다. 태양에너지 이용시스템은 주로 태양에너지의 입사각도에 따라 시스템의 효율의 성능이 크게 좌우되고 있다. 따라서 방위별에 따라 경사면에 입사되는 일사량은 태양에너지 수집장치인 태양열집열기나 태양전지판 설치와 태양열 주택 및 건물 설계시에 매우 중요한 자료로 널리 이용되고 있다. 즉, 직접적으로 태양열 및 태양광시스템의 열적성능에 미치는 효과는 태양열집열기나 태양전지판 등의 설치각도나 방향에 따라 좌우되는 태양에너지 양에 크게 영향을 받기 때문에 일사량 데이터는 매우 중요하다는 뜻이다.

본 연구에서는 이와 같은 중요성을 감안하여 경사각도별로 따른 태양에너지 강도 측정실험을 통하여 태양에너지 최적이용을 위한 적합한 전문가시스템 모형을 개발하고, 아울러 우리나라에서 최대 일사량을 받을 수 있는 경사각도를 산출하여 태양에너지 이용시스템 설계자 및 관련 산업체 종사자들에게 최적시스템 설계기준을 제시하고자 한다.

## 1-2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 하루중의 각 시간별로 서로 다른 경사각도별로 수광면에 입사하는 태양에너지의 강도를 실측을 통하여 정량적인 검토와 분석이 가능하도록 측정된 데이터를 기술자료화하고, 각각의 날별로 일사량 강도가 유사한 날들을 그룹화하기 하기 위하여 시간별 일사량 변화에 따른 다항회귀모형을 날별로 산출하고, 각 날별로

서로 비교하기 위해 날별로 산출된 다항회귀모형의 두 그래프사이의 면적을 계산하여 면적의 차가 거의 없는 날들을 일사량 강도가 유사한 날들로 그룹화하는 기법을 개발하여, 월별 또는 계절별로 이들 그룹을 모형별로 태양에너지 이용시스템의 효율을 최대화 할 수 있는 시스템 최적경사각도를 제시한다.

본 연구의 진행방법은 다음과 같다.

1) 태양에너지의 강도를 경사각도별로 측정할 수 있도록 측정장소의 선정과 측정센서(일사계)의 설치대를 제작하여 설치한다.

2) 각 측정센서로부터 장기간에 걸쳐 측정되는 방대한 양의 데이터를 측정하기 위하여 데이터를 전송매체인 기존 통신회선을 사용하여 통제소(key station)에서 수신할 수 있고 또한 시스템을 제어할 수 있는 형태로 결합시켜 유기적으로 작동하게 하는 컴퓨터 정보통신망을 구성하고, 또한 시스템 가동에 필요한 전력을 자체내에서 조달하고, 측정작업과 이에 따른 자체 데이터 저장처리 문제를 스스로 해결할 수 있도록 무인자동화 측정시스템을 구축한다.

3) 자료처리를 위하여 각 날의 시간별로 경사각도에 따라 측정되는 일사량 데이터를 데이터베이스로 재처리해서 저장하고, 이를 지속적으로 보완할 수 있도록 각종 분석용 도구를 개발한다.

4) 시간에 따른 경사각도별 일사량 데이터의 평균치와 표준편차를 일별로 산출하고, 이에 대한 상관관계 알고리즘을 월별로 따른 경사각도별로 제시한다.

5) 각 날의 시간별에 따른 태양에너지 강도의 변화를 다항회귀모형에 의해 표현하는 알고리즘을 제시한다.

6) 월별로 태양에너지의 강도의 형태가 서로 유사한 날들을 그룹화하기 위하여 각각의 날별

로 다항회귀모형에 의하여 서로 작도된 두 그래프의 사이의 면적을 계산하여 비교하고, 면적의 차가 없는 날들을 피지관계에 의해 유사한 날의 그룹으로 분류하는 비교모델링 기법을 개발한다.

7) 비교모델링 기법에 의하여 월별로 제시된 유사한 날들의 그룹별로 최대 태양에너지를 수열할 수 있는 최적 경사각도를 산출하여 최적 태양에너지 이용시스템 설계기준을 제시한다.

## 2. 태양에너지와 관련된 이론적 배경

### 2-1. 직교다항식모형

일사량 측정시스템에서 측정되는 일사량 자료의 특징을 정확히 분석하려면 변수들간의 관련성을 규명하기 위하여 어떤 수학적 모형을 가정하고, 이 모형에서 측정된 변수들의 데이터를 추정하는 통계적 분석방법인 회귀분석을 실시하며, 이 추정된 모형을 사용하여 필요한 예측을 하거나 관심있는 통계적 추론을 하게 된다.

독립변수가 하나인 k차 다항회귀모형은,

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 + \dots + \beta_k x^k + \epsilon \quad (1)$$

[ $\epsilon \sim N(0, \sigma^2)$ 이고 서로 독립]

여기서, y : 해당 관측지의 시간별 일사량 (Wh/m<sup>2</sup>)

x : 측정시간 (hr)

$\beta_k$  : 회귀계수

으로 표현된다. 회귀계수인  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$

$\beta_k$ 의 추정은 행렬을 사용하지 않으면 대단히 어려워진다. 그러나 만약 독립변수 X의 수준이 같은 간격으로 떨어져 있으면, 직교다항식을 사용하여 회귀계수들의 추정값을 구할 수 있다. 만약 x의 수준간의 간격이 똑같은 거리를 가지고 있다고 하면, 즉  $x_2 - x_1 = x_3 - x_2 = \dots = x_i - x_{i-1} = c$  일때, 식 (1)의  $x^q, q=1, 2, \dots, k$ 항 대신에 x의 차수가 q인 직교다항식  $P_q(x)$ 를 사용하여

$$y = \beta_0 + \beta_1 P_1(x) + \beta_2 P_2(x) + \beta_3 P_3(x) + \dots + \beta_k P_k(x) + \epsilon \quad (2)$$

과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 식 (2)의  $\beta_i$ 들은 식 (1)의  $\beta_i$ 들과 반드시 동일한 것은 아니며, k는 l보다 작아야 한다. 실제로 x의 값이 l개가 있는 경우에 l-1차까지 가능하다.

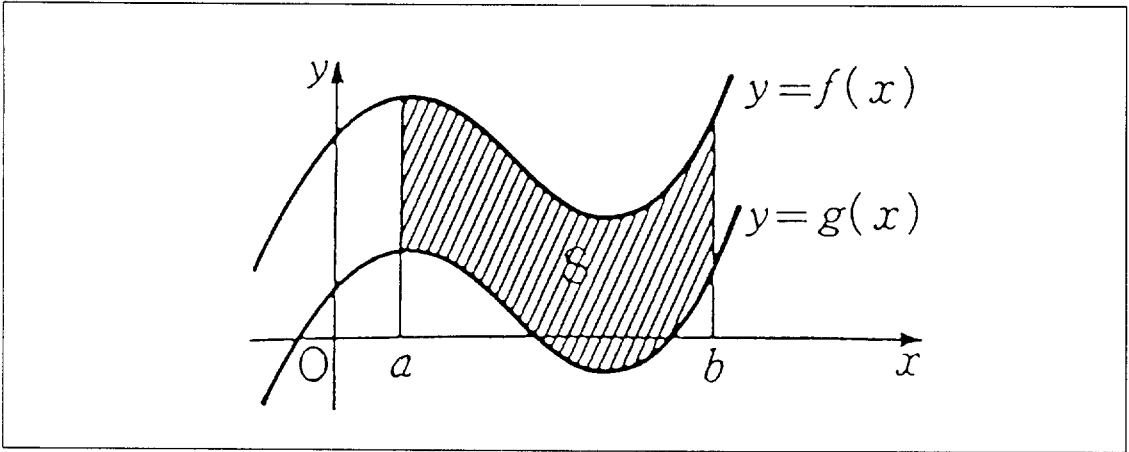
### 2-2. 두곡선 사이의 면적

일사량 측정시스템에서 측정되는 데이터를 각 날별로 서로 비교를 통하여 서로 유사한 날끼리 그룹화를 하기 위하여 앞에서 언급된 각 날의 시간별 일사량 변화에 따른 직교다항식모형에 의하여 비교되는 두 날의 두 곡선사이의 넓이를 계산하여 서로의 차가 없는 날을 유사한 날의 그룹으로 묶는다.

두 곡선의 넓이 즉, 구간 [a, b] 에서 두 모형  $f(x)$ 와  $g(x)$ 가  $f(x) \geq g(x)$  일 때  $y=f(x)$ 와  $y=g(x)$ 로 [그림 1]에서 둘러싸인 부분의 넓이 S는,

$$S = \int_a^b \{f(x) - g(x)\} dx \quad (5)$$

로 정의 된다.



[그림 1] 두 곡선사이의 넓이

또한, [그림 2]에서 빗금친 직사각형의 넓이는,

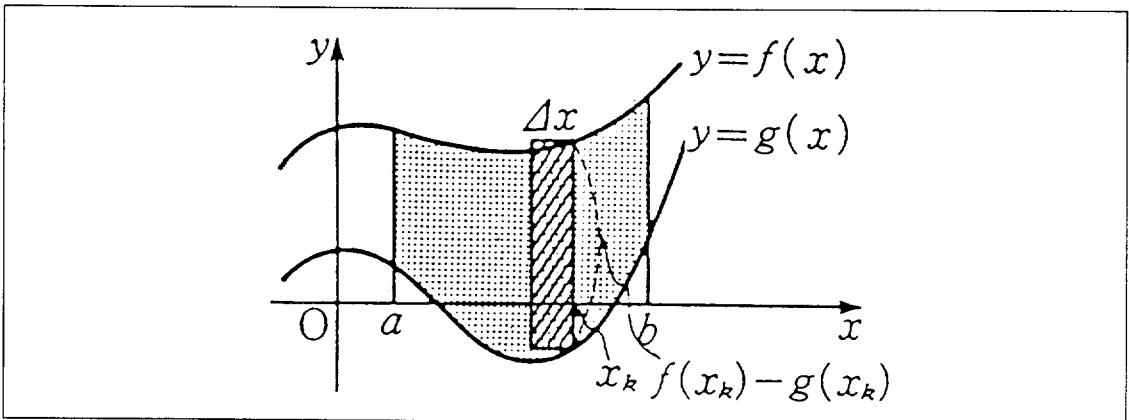
$$\{f(x_k)-g(x_k)\} \Delta x \quad \text{단, } \Delta x = (b-a)/n \quad (6)$$

이므로 점 찍은 넓이의 S는,

$$\begin{aligned} S &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \{f(x_k)-g(x_k)\} \Delta x \\ &= \int_a^b \{f(x)-g(x)\} dx \end{aligned} \quad (7)$$

이 된다. 그러므로 구간  $[a, b]$ 에서  $f(x) \geq g(x)$  일 때, 두 곡선  $y=f(x), y=g(x)$ 로 싸인 부분의 넓이 S는 위에 있는 그래프의 식  $f(x)$ 에서 아래에 있는 그래프의 식  $g(x)$ 를 뺀  $f(x)-g(x)$ 를  $x=a$ 에서  $x=b$ 까지 적분한 값이 되며, 일반적으로 다음과 같이 나타내어진다.

$$S = \int_a^b |f(x)-g(x)| dx \quad (8)$$



[그림 2] 두 곡선사이의 빗금친 직사각형의 넓이

2-3. 알고리즘의 작성

월별 또는 계절별로 태양에너지의 강도의 형태가 서로 유사한 날들을 그룹화하기 위하여 각각의 날별로 다항회귀모형에 의하여 서로 작도된 두 그래프의 사이의 면적의 합을 계산하여 비교하고, 그 차가 별로 없는 날들을 퍼지관계에 의해 유사한 날의 그룹으로 분류하는 기법을 [그림 3]과 같이 제시하고자 한다.

[단계 0]  $m=1$ 로 초기화함.

첫 번째 달을 1로 한다.

[단계 1]  $m, m+1, m+2$ 월에 대한 일별 그래프 작성함.

[1-1]  $m$ 월중의 각 날의 시간별에 따른 일사량 변화를 직교다항식 모형을 통해 일별 그래프로 작성한다.

[1-2]  $m+1$ 월중의 일별 그래프를 [단계 1-1]과 같이 작성한다.

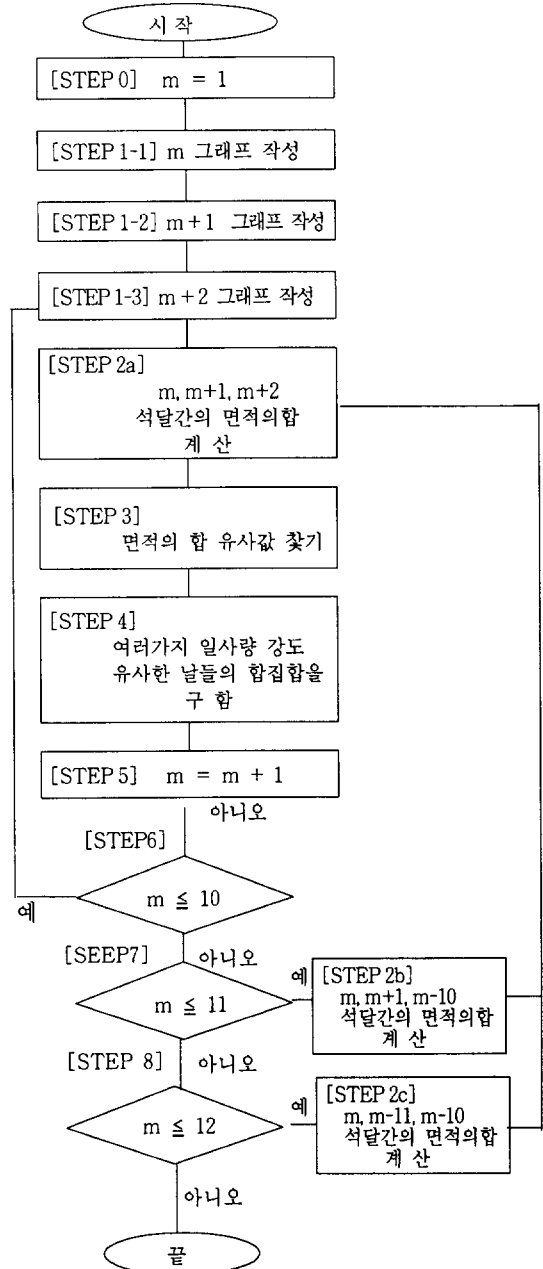
[1-3]  $m+2$ 월중의 일별 그래프를 역시 [단계 1-1]과 같이 작성한다.

[단계 2]  $m, m+1, m+2$  석달간의 면적의 합을 계산함.

[단계 1]의 모든 일별 그래프를 대상으로 하여, 각각 서로 다른 두 그래프 사이의 면적의 합을 석달간에 걸쳐 <표 1>과 같이 계산한다.

두 그래프 사이의 면적의 합에 관한 전체집합

X는 다음과 같이 정의할 수 있다.



[그림 3] 알고리즘 계통도

$$X = \{ X_{1111}, X_{1112}, X_{1113}, \dots, X_{111j}, \dots \\ X_{1211}, X_{1212}, X_{1213}, \dots, X_{121j}, \dots \\ X_{1311}, X_{1312}, X_{1313}, \dots, X_{131j}, \dots \\ X_{2211}, X_{2212}, X_{2213}, \dots, X_{221j}, \dots \\ X_{2311}, X_{2312}, X_{2313}, \dots, X_{231j}, \dots \\ X_{3311}, X_{3312}, X_{3313}, \dots, X_{331j}, \dots \\ \dots, \}$$

(9) 여기서,  $g, h = 1, 2, 3$   
 $i, j = 1, 2, \dots, t (t=28, 29, 30, 31 \text{ 단, } j \geq i)$

[단계 3] 면적 합의 유사값을 찾음.

<표 1>의  $x_{ghij}$  중에서 서로 유사한 값들을 찾는다. 이때, 집합 X의 요소중에서 그 값이  $\alpha$  이하가 되는 요소의 집합을  $\alpha$ -컷 집합이라고 하고, 이를  $x_\alpha$ 로 표기한다.  $x_\alpha$ 의 요소를 예를 들면

<표 1> m, m+1, m+2월내에서의 두 그래프 사이의 면적의 합

m(h)		1(m)				2(m+1)					3(m+2)					
		1	2	3	...	j	1	2	3	...	J	1	2	3	...	j
1(m)	1	X <sub>1111</sub>	X <sub>1112</sub>	X <sub>1113</sub>	...	X <sub>111j</sub>	X <sub>1211</sub>	X <sub>1212</sub>	X <sub>1213</sub>	...	X <sub>121j</sub>	X <sub>1311</sub>	X <sub>1312</sub>	X <sub>1313</sub>	...	X <sub>131j</sub>
	2		X <sub>1212</sub>	X <sub>1213</sub>	...	X <sub>121j</sub>	X <sub>1221</sub>	X <sub>1222</sub>	X <sub>1223</sub>	...	X <sub>122j</sub>	X <sub>1311</sub>	X <sub>1322</sub>	X <sub>1323</sub>	...	X <sub>132j</sub>
	3			X <sub>1313</sub>	...	X <sub>131j</sub>	X <sub>1231</sub>	X <sub>1232</sub>	X <sub>1233</sub>	...	X <sub>123j</sub>	X <sub>1311</sub>	X <sub>1332</sub>	X <sub>1333</sub>	...	X <sub>133j</sub>
	4			.....			X <sub>1241</sub>	X <sub>1242</sub>	X <sub>1243</sub>	...	X <sub>124j</sub>	X <sub>1311</sub>	X <sub>1342</sub>	X <sub>1343</sub>	...	X <sub>134j</sub>
	5			.....			X <sub>1251</sub>	X <sub>1252</sub>	X <sub>1253</sub>	...	X <sub>125j</sub>	X <sub>1311</sub>	X <sub>1352</sub>	X <sub>1353</sub>	...	X <sub>135j</sub>
	.			.....			.	.	.	...	.	.	.	.	...	.
	.			.....			.	.	.	...	.	.	.	.	...	.
	.			.....			.	.	.	...	.	.	.	.	...	.
	.			.....			.	.	.	...	.	.	.	.	...	.
	i					X <sub>111i</sub>	X <sub>1211</sub>	X <sub>1212</sub>	X <sub>1213</sub>	...	X <sub>121i</sub>	X <sub>1311</sub>	X <sub>1312</sub>	X <sub>1313</sub>	...	X <sub>131i</sub>
2(m+1)	1					X <sub>2211</sub>	X <sub>2212</sub>	X <sub>2213</sub>	...	X <sub>221j</sub>	X <sub>2311</sub>	X <sub>2312</sub>	X <sub>2313</sub>	...	X <sub>231j</sub>	
	2						X <sub>2222</sub>	X <sub>2223</sub>	...	X <sub>222j</sub>	X <sub>2321</sub>	X <sub>2322</sub>	X <sub>2323</sub>	...	X <sub>232j</sub>	
	3							X <sub>2233</sub>	...	X <sub>223j</sub>	X <sub>2331</sub>	X <sub>2332</sub>	X <sub>2333</sub>	...	X <sub>233j</sub>	
	4							.....			X <sub>2341</sub>	X <sub>2342</sub>	X <sub>2343</sub>	...	X <sub>234j</sub>	
	5							.....			X <sub>2351</sub>	X <sub>2352</sub>	X <sub>2353</sub>	...	X <sub>235j</sub>	
	.							.....			.	.	.	.	...	.
	.							.....			.	.	.	.	...	.
	.							.....			.	.	.	.	...	.
	.							.....			.	.	.	.	...	.
	i										X <sub>221i</sub>	X <sub>2311</sub>	X <sub>2312</sub>	X <sub>2313</sub>	...	X <sub>231i</sub>
3(m+2)	1										X <sub>3311</sub>	X <sub>3312</sub>	X <sub>3313</sub>	...	X <sub>331j</sub>	
	2											X <sub>3322</sub>	X <sub>3323</sub>	...	X <sub>332j</sub>	
	3												X <sub>3333</sub>	...	X <sub>333j</sub>	
	4												.....			
	5												.....			
	.												.....			
	.												.....			
	.												.....			
	.												.....			
	i															X <sub>331i</sub>

표에서와 같이 동그라미 표시한 것이다.

$$X_a = \{ X_{ghij} \in X | X_{ghij} \leq a \} \quad (10)$$

$X_a$ 의 요소중에서, 먼저 모든  $m$ 과  $m+1$ ,  $m+2$  사이에서  $x_{ihj}$ 를 연결한다. 다음으로 각각의 달 ( $m, m+1, m+2$ )에서 연결된 각각의  $x_{ihj}$ 와 같은 열을 갖고 있는  $x_{ghij}$ 들을 연결한다. 이상의 작업을 모든 열( $g=1 \sim 3, I=2, \dots, t$ )에 대해 반복 수행한다.

**[단계 4] 여러가지 일사량 강도가 유사한 날들의 합집합을 구함.**

<표 1>의  $x_{ghij}$  중에서 일사량 강도가 유사한 날끼리 묶기위하여 [단계 3]에서 연결된 선분들의 집합으로 된 요소들을 동일 부류로 분류한다. 이 예에서는  $\{X_{111}, X_{121}, X_{123}, X_{1232}\}$ 와  $\{X_{121}, X_{1213}, X_{2223}\}$ ,  $\{X_{2342}, X_{2343}, X_{2353}\}$ ,  $\{X_{331}, X_{332}, X_{333}\}$ 이 일사량 강도가 유사한 날들로 분류되고 있다.

**[단계 5] 다시  $m=m+1$ 로 함.**

**[단계 6]  $m \leq 10$ 일 때는 [단계1-3]으로 가서 반복수행함.**

여기서, [단계 4]에서 동일 부류로 분리된 연결된 선분들의 집합요소와 다시 새로이 연결되는 요소들을 합집합으로 구성하여 추가로 동일 부류로 분리한다.

<표 2>의 예에서  $\{X_{111}, X_{121}, X_{123}, X_{1232}\}$ ,  $\{X_{121}, X_{1213}, X_{2223}\}$ ,  $\{X_{2342}, X_{2343}, X_{2353}, X_{2443}, X_{2433}, X_{243}\}$ ,  $\{X_{331}, X_{332}, X_{333}, X_{3431}, X_{3451}, X_{3452}\}$ 이 일사량 강도가 유사한 날들로 분류되고 있다.

**[단계 7] 만약  $m \leq 10$ 이 아니고  $m \leq 11$ 일 경우, [단계 2b]로 가서 다시 [단계 3]부터 반복 수행함.**

**[단계 8] 만약  $m \leq 10$  및  $m \leq 11$ 도 아니고,  $m \leq 12$ 일 경우, [단계 2c]로 가서 다시 [단계 3]부터 반복 수행함. 그렇지않으면 종료함.**

#### 2-4. 태양의 행로

평판형 태양열 집열기나 태양열 운수기, 태양 전지판 등과 같은 태양에너지 이용기기는 일사 에너지의 직달 및 산란성분을 모두 흡수한다. 따라서, 수평면상에 입사되는 총일사량을 가지고 임의의 경사각으로 고정된 태양열 집열기나 태양전지판 평면위에 떨어지는 일사량을 평가하려면 수평면 총일사량에 대한 경사면 총일사량의 비인 R값을 알아 둘 필요가 있다.

즉,

$$R = \frac{\text{경사면상에 입사되는 총일사량}}{\text{수평면상에 입사되는 총일사량}} \quad (11)$$

$$= \frac{I_T}{I}$$

이것을 다시 직달성분과 산란성분으로 구분하여 표기하면,

$$R_b = \frac{\text{경사면상에 입사되는 직달일사량}}{\text{수평면상에 입사되는 직달일사량}} \quad (12)$$

$$= \frac{I_{bT}}{I_b}$$

$$R_b = \frac{\text{경사면상에 입사되는 산란일사량}}{\text{수평면상에 입사되는 산란일사량}}$$

$$= \frac{I_{dT}}{I_d}$$

(13)

따라서,





$$R = \frac{I_b}{I} R_b + \frac{I_d}{I} R_d \tag{14}$$

가 된다. 여기서 직달성분을 위한 각도보정 (angular correction)은 다음 식에 의해 계산할 수 있다.

$$R_b = \frac{I_{bT}}{I_b} = \frac{I_{bn}}{I_{bn}} \cdot \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \tag{15}$$

여기서,  $I_{bn}$  : 태양과 수직인 법선면상에서의 직달일사량

$\theta$  : 태양입사각

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \\ & \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \end{aligned}$$

$\theta_z$  : 태양천정각

$$\begin{aligned} \cos \theta_z = & \cos \delta \cos \phi \cos \omega \\ & + \sin \delta \sin \phi \end{aligned}$$

$\beta$  : 수평면에 대한 집열면의 경사각도

$\gamma$  : 지표면 방위각 (동-, 서+)

이다.

그러나, 직달성분의 각도보정은 앞에서 제시한 식에 의하여 가능하나 산란성분의 경우는 상당히 곤란하다. 왜냐하면 산란형태 자체가 전 하늘에 걸친 산란분포에 달려있어 아직까지 일반화된 것이 없으며, 이 분포는 구름층의 형태나 크기, 또는 위치, 양 등 변화에 따른 다양성과 다른 대기성분의 특수한 분포에 의존하고 있기 때문이다. 따라서, 산란성분의 각도보정과 관련하여 다음과 같은 두가지 가정을 채택할 수 있다.

첫째로, 산란성분 역시 태양으로 부터 지구에 직선적으로 도달한다는 관점에서 하늘이 아주 청명한 상태에서는 산란성분에 적용되는 각 보정계수는 직달성분에 적용되는 것과 동일한 것으로 취급한다는 것으로 즉, 이 경우  $R = R_b$ 가 됨을 뜻한다.

둘째로, 산란성분은 등방위성인 성질을 갖는다고 가정할 수 있다. 즉, 이는 하늘 전체에 균일하게 분포된다는 뜻으로 이와같은 가정은 대기층이 흐리거나 구름층이 균일하게 형성되어 있을 때 상당한 신뢰도를 갖는다.

이 같은 가정들하에서는  $R_d$ 값은 항상 균일하여 1시간 동안 경사면에 입사하는 일사량은 다음 식에 의거 정의할 수 있다.

$$I_T = I_b R_b + I_d \tag{16}$$

따라서,

$$R = \frac{I_T}{I} = \frac{I_b}{I} R_b + \frac{I_d}{I} \tag{17}$$

식으로 유도된다.

또한, 이상과 같은 분석방법을 개선하여 세가지 성분 즉, 직달, 산란 및 지면에서 반사되는 산란성일사량 등을 고려한 식을 도출하였다.

수평면으로 부터  $\beta$ 각의 경사도를 갖는 평면은 하늘에 대한 시야계수(view factor)가  $(1 + \cos \beta)/2$ 로 주어진다. 그러나 산란일사량이 등방위성을 가질 경우라 이것은 곧  $R_d$ 가 된다.

또한, 경사면의 지면에 대한 시야계수는  $(1 - \cos \beta)/2$ 이며, 만일 주위가 총일량에 대하여  $\rho$  라는 반사계수를 갖는다면 일사량으로 부터 주위를 둘러싸고 있는 지면에 의해 반사되는 일사성분은  $(I_b + I_d)\rho \cdot (1 - \cos \beta)/2$ 가 된다.

그러므로 1시간 동안 경사면에 떨어지는 총일사량은 이들 세가지 사항들의 합으로 구할 수 있다.

$$I_T = I_b R_b + I_d \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) (I_b + I_d) \quad (18)$$

그리고, R의 정의에 따라서,

$$R = \frac{I_b}{I} R_b + \frac{I_d}{I} \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (19)$$

이 된다.

산란지면반사율을 거울철에 눈이 없는 경우를 0.2, 깨끗한 상태의 눈이 덮혀있는 경우를 0.7이라 제시하고 있다. 식 (18)의 마지막 두개의 항은 평면에 입사하는 산란일사량으로 간주되곤 한다.

한편,  $R = R_b$ 을 사용하는 경우는 대개  $I_T$ 값이

아주 높게 예측되기 때문에 식 (18)과 식 (19)를 사용하는 것이  $I_T$ 값의 예측을 보다 신중하게 유도할 수 있다. 이와같은 이유는 지표면과 일사계의 수감부 앞에 수평으로 설치된 산란반사기(diffuse reflector)에서의 일사의 영향을 고려할 수 있기 때문이다.

### 3. 실 험

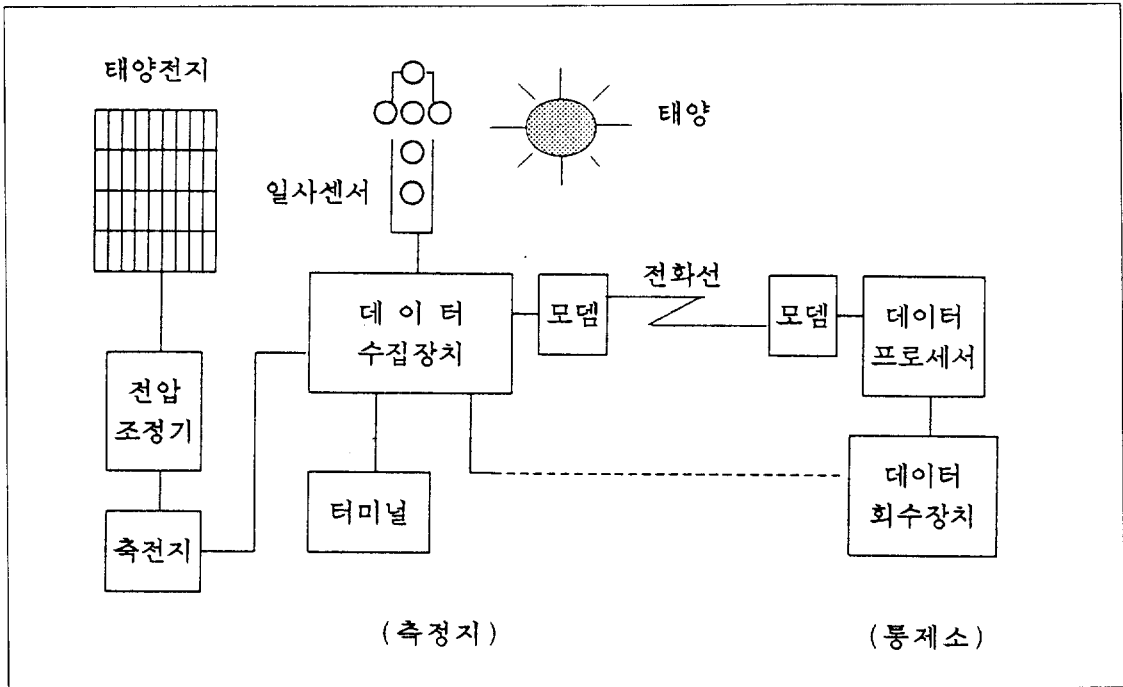
#### 3-1. 무인자동화 측정시스템 구성

##### 3-1-1. 측정지의 선정

측정지에서 일사센서를 설치할 입지를 선정할 때에는 일사센서의 감지부 면이 태양광선이 잘 받아들일 수 있도록 주위의 장애물로부터 충분히 떨어진 장소를 물색하여야 한다. 만약 이와

〈표 3〉 측정지 설치장비 명세

품 명	형 식	비고
o 수평면일사계(Pyranometer) - 경사각도 ( 0° S) - 경사각도 (15° S) - 경사각도 (30° S) - 경사각도 (45° S) - 경사각도 (60° S) - 경사각도 (75° S) - 경사각도 (90° S) - 경사각도 (90° E) - 경사각도 (90° W) - 경사각도 (90° N)	Eppley PSP형	10 개
o 데이터수집장치(Data Aquisition System)	Handar 570A형	1 셸
o 데이터터미널(Data Terminal)	Toshiba 100형	1 셸
o 데이터회수장치(Data Collection Set)	Handar 545B형	1 셸
o 변복조장치(Modem)	Garnet GTM-2421V1형	2 개
o 데이터프로세서(Data Processor)	IBM 586형	1 셸
o 태양전지판(Photovoltaic Module)	Integrated Power IP84-A형	1 개
o 전압조정기(Voltage Regulator)	Handar 570-7001형	1 개
o 축전지(Rechargeable Battery)	Handar 600-0932형	1 개



[그림 4] 무인자동화 측정시스템 구성도

같은 장소를 구하기 곤란한 경우에는 최소한 동북동(ENE)쪽에서 남(S)쪽을 경우하여 서북서(WNS)쪽에 이르는 수평방향에 장애물이 없는 곳을 선정하여야 하며, 혹 장애물이 없더라도 그 높이가 수평방향에서 5도 이상 높이 있지 않은 장소를 선정하여야 한다.

따라서, 이와 같은 점을 고려하여 측정기기의 설치위치는 비교적 높아 주변의 장애물의 영향이 적은 건물의 옥상(36°22'N, 127°22'E)으로 정하였다.

3-1-2. 측정시스템의 구성과 구성요소의 특성

일반적으로 장기간에 걸친 연속적인 데이터의 수집은 시스템 가동시 정전에 대비하기 어렵고, 측정작업을 계속적으로 도울 수 있는 인력을 구하기 쉽지않기 때문에 측정시스템의 무인자동화

가 절실히 필요하다. 이와 같은 목표를 달성하기 위하여 측정지에 <표 3>과 [그림 4]와 같이 무인자동화 측정시스템을 구성하여 설치운영하였다. 무인자동화 측정시스템의 구성을 위하여 선정된 장치와 관련 부속기기의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

1) 일사센서(수평면일사계)

미국 Eppley사에서 개발된 것으로 현재 범용으로 공급된 단파대역의 전일사량계(global radiation)측정기기 중에서 가장 정밀도가 높은 기기로 평가되고 있으며, 단파대역의 일사에너지 측정뿐만 아니라, 단파장 반사에너지(albedo)의 측정은 물론 방향별 경사각도 변화에 따라 설치함으로써 수평면 전일사량 및 방위별 경사면일사량을 측정할 수 있으며, 태양차폐판(shadow band)를 부

작하여 태양으로부터 직접 전달되는 태양에너지를 차단하여 대기 중에서 산란되는 일사량만을 측정할 수 있는 등 용도가 다양하게 사용될 수 있다.

## 2) 데이터수집장치

미국 Handar사 제품으로 마이크로프로세서에 의해 제어되는 저전력소모형 장비로서 이 장치는 서로 다른 종류의 어날로그와 디지털 신호의 입력을 수용할 수 있다.

또한, 반도체 기억장치를 내장하고 있어 약 68,000개 데이터와 운영프로그램을 기억할 수 있는 능력을 갖추고 있으며, 기억장치에 저장된 데이터는 모뎀(modem)에 의해 전화라인으로 데이터를 원격전송할 수 있다.

## 3) 데이터터미널

데이터터미널 측정지에서 데이터수집장치에 운영프로그램을 입력시켜 측정된 데이터를 직접 받아들여거나, 데이터수집장치의 측정기능을 조정하고 통제하는 역할을 한다. 이 장비는 야외에서도 운영이 용이하도록 방수와 충격방지를 위해 플라스틱 재질의 케이스 안에 내장되어 있으며, 장시간 독자적으로 가동할 수 있도록 예비전원용 축전지도 갖추고 있다.

## 4) 태양전지판 및 관련 부속장치

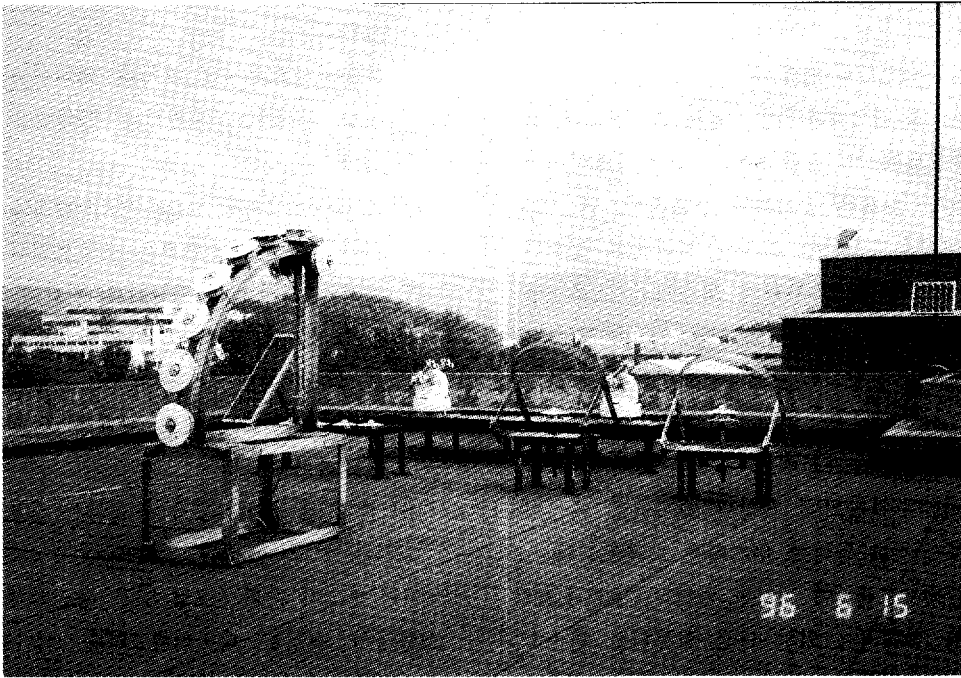
광기전력효과에 의하여 직류전기를 발생하는 가장 중요한 부분으로 정전에 대비한 데이터수집장치의 공급전원으로 사용되고 있다. 이에 따른 부속장치로서는 전압조정기와 축전지가 있으며, 전압조정기는 태양전지판이 일사조건에 따라 변화하는 전압을 일정한 전압으로 축전지에 충전하는 기능을 갖고 있다. 또한 축전장치는 데이터수집장치가 주간에 태양전지판에서 태양빛을

받아 발전된 전력을 야간에도 사용하기 때문에 필수적으로 필요하며, 이를 위해 규격 12V, 6.5AH Ni-Cd 알칼리형 축전지를 설치하여 청명한 날 전압조정기를 거쳐 나온 출력전압을 축전지에 저장시킨 뒤에 야간이나 일조시간이 적은 날을 대비하였다.

그 외에 측정지에서 수집된 자료를 통제소로 전송 및 회수하기 위하여 변복조장치인 모뎀(modem)과 데이터회수장치(data collecton set : Handar 545B 형)를 운영하였으며, 다시 전송 회수된 자료를 데이터베이스 처리하기 위해 데이터처리용 컴퓨터(Data Processor : IBM PC 586형)를 사용하였다. [그림 5]는 시스템 설치장소의 전경과 측정작업이 현장에서 진행되고 있는 장면을 소개한 것이다.

## 3-2. 측정데이터의 수집과 처리

[그림 5]에서 보는바와 같이 측정지에 일사센서를 남향면에 수평면에 대한 경사각도 0도에서 90도 사이에 15도씩 변환하여 7개를 설치하였으며, 또한 동향 및 서향, 그리고 북향면의 경사각도 90도에 각각 1개씩 설치하여 총 10개를 설치하였다. 이와 같이 설치된 시스템에 의하여 측정되는 데이터는 통제소에 설치된 데이터 프로세서의 원격제어에 의해 기존 전화선을 통하여 원격 전송되며, 전송된 데이터는 다시 데이터 화일로 구분하여 하드디스크에 저장시켜 각종 데이터의 분석 및 전산처리를 행할 수 있다. 이와 같이 통제소에서 전산처리되고 있는 전산프로그램은 데이터 회수 및 처리용 프로그램(Data Retrieval and Process Program)으로 이를 통하여 시간별 일사량 자료를 전송 받아 데이터베이스로 재처리해서 저장하고, 이를 지속적으로 보완할 수 있도록 하였다.



[그림 5] 측정시스템 설치전경

데이터 회수 및 처리용 프로그램의 기본적인 소프트웨어 운영형태는 미국 Borland사의 Turbo C언어를 사용하여 [그림 6]과 같이 미국 Microsoft사의 Windowss 95 운영체제에서 이용할 수 있도록 프로그래밍하였으며, 이 프로그램의 각 소프트웨어의 기본 구성은 다음의 열가지로 구분된다.

- 1) 데이터수집장치에 저장된 데이터를 접속된 데이터터미널을 통하여 회수하거나 시스템을 제어하는 소프트웨어
- 2) 데이터수집장치에 저장된 데이터를 온라인 직결시스템으로 전송받거나 시스템을 원격제어하는 소프트웨어
- 3) 데이터수집장치에 저장된 데이터를 데이터 회수장치를 통하여 수거하는 소프트웨어
- 4) 데이터프로세서에 저장된 데이터화일을 LAN 망에 접속되어 있는 다른 컴퓨터로 전송하는 소프트웨어
- 5) 데이터프로세서에 저장된 데이터화일을 일

정한 형식으로 모니터 화상 표현하는 소프트웨어

- 6) 데이터프로세서에 저장된 데이터화일을 일정한 형식으로 프린터로 인쇄하는 소프트웨어
- 7) 데이터프로세서에 저장된 데이터화일을 ASCII나 DBF형식으로 전환하는 소프트웨어
- 8) 모니터 화상이나 프린터로 출력할 수 있도록 데이터화일을 일정한 형식으로 정의하는 소프트웨어
- 9) 데이터화일을 그래프 형태로 변환하는 소프트웨어
- 10) 측정 및 분석작업을 종료하는 소프트웨어

한편, [그림 7]과 [그림 8]은 무인자동 측정시스템에서 측정된 데이터를 전송받아 통제소의 데이터프로세서에서 처리된 데이터의 형식과 도형분석의 예이다.

#### Data Retrieval and Processing Program

1. Retrieve DCP data via program I/O (9600 baud)
2. Retrieve DCP data via modem (300 baud)
3. Transfer data from 545B
4. Transfer data to another computer
5. Format and display data
6. Format and print data
7. Convert data file to another format
8. Define data display or report format
9. Graph data
10. Exit this program

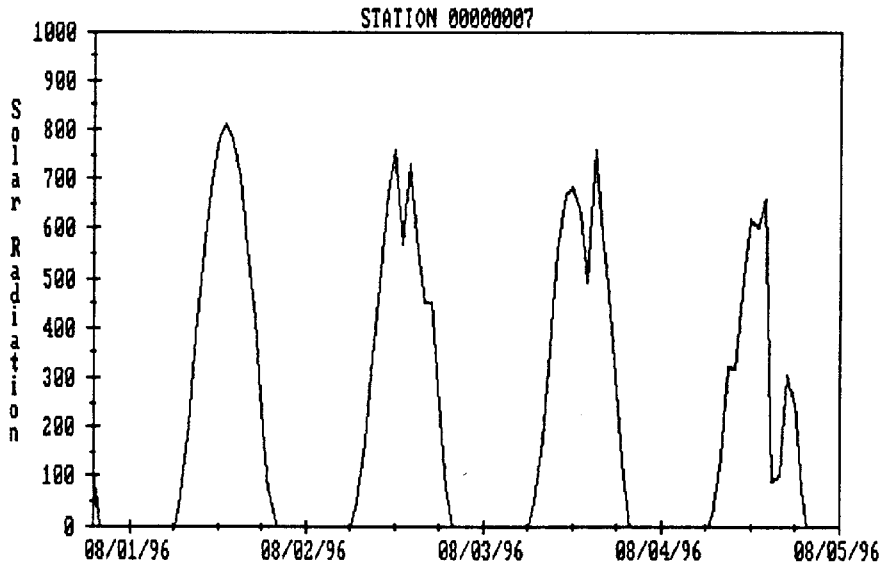
Enter selection:

[그림 6] 전체 시스템 모니터 화상

Date	Time	S( 0)	S(15)	S(30)	S(45)	S(60)	S(75)	S(90)
mm/dd/yy	hh/mm/ss	(Wh/m <sup>2</sup> )	(Wh/m <sup>2</sup> )	(Wh/m <sup>2</sup> )	(Wh/m <sup>2</sup> )	(Wh/m <sup>2</sup> )	(Wh/m <sup>2</sup> )	(Wh/m <sup>2</sup> )
5/21/96	04:00:00	-003	-005	-005	-004	-005	-005	-005
	05:00:00	-003	-005	-005	-004	-005	-005	-005
	06:00:00	0002	0001	0001	0000	-001	-002	-002
	07:00:00	0040	0047	0046	0031	0029	0020	0019
	08:00:00	0050	0062	0065	0047	0046	0034	0031
	09:00:00	0202	0246	0248	0173	0165	0119	0105
	10:00:00	0285	0353	0362	0257	0246	0178	0153
	11:00:00	0654	0829	0856	0613	0571	0389	0292
	12:00:00	0783	0997	1037	0741	0689	0476	0359
	13:00:00	0793	1013	1058	0760	0716	0502	0384
	14:00:00	0612	0779	0814	0587	0560	0398	0318
	15:00:00	0513	0641	0660	0471	0442	0310	0239
	16:00:00	0559	0683	0692	0482	0439	0291	0206
	17:00:00	0399	0466	0458	0307	0266	0161	0110
	18:00:00	0235	0250	0228	0138	0108	0068	0066
	19:00:00	0080	0071	0056	0032	0032	0026	0026
	20:00:00	0001	-002	-002	-003	-004	-004	-003
	21:00:00	-010	-013	-013	-010	-011	-009	-008

Use [ PgUp PgDn ] keys to scroll data - Press F10 to exit

[그림 7] 측정된 데이터 처리 예의 모니터 화상



[그림 8] 데이터 도형분석 예의 모니터 화상

### 4. 전문가시스템 모형구축

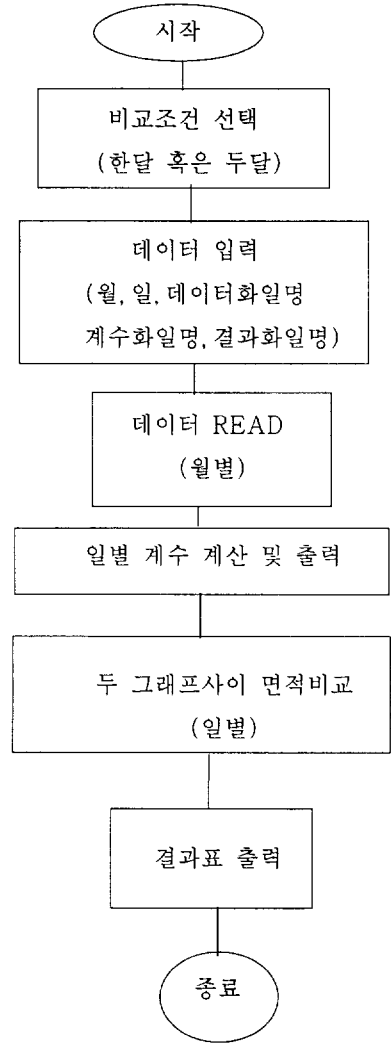
#### 4-1. 시스템 체계

전문가시스템은 일반적으로 전문적인 지식 즉, 전문기술을 요구하는 비구조적 업무수행을 이끌어 주는 컴퓨터응용이다. 전문가시스템을 사용하면, 비전문가도 특정문제 영역에서 전문가에 상당하는 성과를 얻을 수 있다. 전문가시스템은 의사결정지원시스템의 한 실례로 고려될 수 있다. 전문가시스템의 고유하고 두드러진 특징은 전문지식을 나타내는 데이터와 의사결정 규칙인 지식베이스이다.

여기서는 실측데이터를 근거로한 월별 태양에너지의 강도의 형태가 서로 유사한 날들을 그룹핑 하기 위한 모델구축을 위하여 각각의 날별로 시간별에 따른 일사량의 변화를 다항회귀모형으로 표현하는 알고리즘을 제시하고, 다시 각각의 날별로 다항회귀모형에 의하여 서로 작도된 두 그래프사이의 면적을 계산하여 비교하고, 면적의 차가 없는 날들을 퍼지관계에 의해 유사한 날들을 그룹으로 분류하는 기법을 제시하였으며, 이에 대한 계통도는 [그림 9]와 같다.

이 시스템의 전체 모니터 화상은 [그림 10] 및 [그림 11]과 같으며, 결과출력을 위한 데이터 입력순서는, 우선 한 달 내에서 날별로 비교 시에는 1을 선택하고, 해당 달과 날수를 입력한 후, 월별 입력 데이터파일과 월별 출력 계수파일 이름을 입력하며, 최종적으로 출력되는 결과표에 출력파일 이름을 입력한다. 또한 두 달 사이 내에서 일별로 비교 시에는 2을 선택하고, 두 개의 해당 달과 각각의 달의 일수를 입력한 후, 각각의 월별 입력 데이터파일 이름과 월별 출력 계수파일 이름, 그리고 최종적으로 출력될 결과표

에 출력파일 이름을 입력한다.



[그림 9] 전문가시스템 계통도



```

.....
Degree = 8      h = 0.001
.....

[1] Compare in one month
[2] Compare between two months
.....

- Select number : 1
- Input month : 8
- How many days in this month : 31
- Input data file name : 8.dat
- Input coefficient file name : 8deg8.co
- Input output file name : 8deg8.out
Computing...   8/ 1 <-> 8/ 7
    
```

[그림 10] 전체 시스템 모니터 화상의 예 (1달내에서 비교시)

```

.....
Degree = 8      h = 0.001
.....

[1] Compare in one month
[2] Compare between two months
.....

- Select number : 2
- Input month 1 : 8
- How many days in month 1 : 31
- Input month 1 data file name : 8.dat
- Input month 1 coefficient file name : 8deg8.co

- Input month 2 : 9
- How many days in month 2 : 30
- Input month 2 data file name : 9.dat
- Input month 2 coefficient file name : 9deg8.co

- Input output file name : 8-9deg8.out

Computing...   8/ 1 <-> 9/ 6
    
```

[그림 11] 전체 시스템 모니터 화상의 예 (2달사이내에서 비교시)

4-2. 시스템 입출력

이 시스템은 미국 Borland사의 C언어로 구성 되었으며, 화일명을 [SOLAR.C]라 칭하였다. [SOLAR.C]는 일별 시간변화에 따른 일사량 데이터를 월별 데이터화일로 [그림 12]와 같이 각 [MONTH.DAT]로 작성하고, 이를 읽어들이 월

별에 따른 일별로 다중회귀모형 차수의 계수를 각각 [그림 13]과 같이 산출한다. 다음 한 달 또는 두 달내에서로 구분하여 각각의 날별로 산출된 다항회귀모형을 그래프로 도해하고, 이들 그래프를 일별로 서로 비교하여 두 그래프 사이의 면적을 계산하여 [그림 14] 및 [그림 15]와 같이 결과를 출력한다.

AUG		(W-h/m2)												
D\T	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	62	202	388	554	680	782	811	780	699	561	413	231	70	
2	48	167	341	513	671	758	569	730	557	452	453	248	81	
3	51	169	360	554	665	685	629	490	760	593	462	273	99	
4	19	138	320	318	498	617	603	657	89	99	303	245	72	
5	55	243	245	415	654	736	761	861	622	351	195	161	56	
6	61	175	377	586	643	761	616	794	666	529	250	157	22	
7	20	129	263	513	428	487	411	706	344	400	275	132	37	
8	40	176	273	520	583	422	532	628	522	232	152	201	48	
9	17	103	211	392	605	821	825	806	655	478	368	254	72	
10	36	144	292	536	655	757	475	451	207	238	60	9	1	
11	36	195	373	535	647	746	639	575	368	402	392	85	3	
12	50	197	386	562	693	820	867	691	652	588	420	297	120	
13	8	123	370	571	639	572	847	628	464	337	287	148	50	
14	36	183	347	609	440	633	695	648	579	635	252	216	63	
15	56	225	413	425	654	764	662	781	683	446	383	256	72	
16	52	200	378	524	504	759	767	764	659	324	437	222	57	
17	43	183	358	519	671	769	818	775	688	551	376	191	52	
18	34	158	322	483	635	707	689	685	665	556	352	187	36	
19	33	153	306	456	588	700	751	566	503	438	357	186	46	
20	34	193	270	505	599	818	565	645	491	533	372	209	52	
21	33	97	207	256	181	292	260	459	649	389	61	69	13	
22	26	98	270	433	415	420	657	792	633	484	289	108	18	
23	36	155	305	421	496	597	647	244	52	84	135	85	4	
24	29	167	302	302	344	514	336	379	448	433	249	100	20	
25	10	69	160	265	323	161	103	185	90	137	89	46	7	
26	0	13	37	41	66	83	67	60	43	39	26	8	0	
27	0	4	7	18	42	33	33	70	56	64	65	22	0	
28	0	23	50	143	244	209	157	140	184	99	50	28	2	
29	48	167	319	549	602	760	743	439	434	299	218	132	11	
30	0	25	78	122	306	310	253	267	188	165	95	18	5	
31	0	24	41	153	499	560	587	814	497	482	335	102	26	

[그림 12] 월별 입력 데이터화일의 화상 모니터의 예

Month : 8 Degree : 8			
8/1 a0 = 237399.2337429151 a1 = -161595.6979307655 a2 = 47273.2990143354 a3 = -7777.5882046859 a4 = 787.8956139085 a5 = -50.3112870023 a6 = 1.9771167433 a7 = -0.0437273398 a8 = 0.0004169892	8/2 a0 = -221810.4195421778 a1 = 152136.1453863090 a2 = -44366.0846956825 a3 = 7173.0280467895 a4 = -703.1345928343 a5 = 42.8642343391 a6 = -1.5905547079 a7 = 0.0329189412 a8 = -0.0002915459	8/3 a0 = -1689911.8525078867 a1 = 1175459.8246149556 a2 = -350357.2831852649 a3 = 58435.5615867939 a4 = -5966.4447758168 a5 = 382.1237007024 a6 = -15.004277586 a7 = 0.3305766171 a8 = -0.0031320812	8/4 a0 = 3853722.7047934239 a1 = -2689197.1138031087 a2 = 805365.7552479681 a3 = -135214.2695497549 a4 = 13922.5904263322 a5 = -900.5742333168 a6 = 35.7536079632 a7 = -0.7970170245 a8 = 0.0076435544
8/5 a0 = -1721962.1606908885 a1 = 1181468.1016050819 a2 = -348959.8352225595 a3 = 57992.7381696135 a4 = -5935.5390289087 a5 = 383.4086382069 a6 = -15.2730960370 a7 = 0.3431610330 a8 = -0.0033300374	8/6 a0 = -1314860.5099860383 a1 = 943711.6560409791 a2 = -290517.8643273783 a3 = 50086.5843001325 a4 = -5289.8135910516 a5 = 350.6284242681 a6 = -14.2538431660 a7 = 0.3251596634 a8 = -0.0031893125	8/7 a0 = 613246.4728985141 a1 = -390852.200896478 a2 = 106211.9525833855 a3 = -16079.7847800749 a4 = 1485.5405804438 a5 = -85.8318409201 a6 = 3.0308898250 a7 = -0.0598418013 a8 = 0.0005060554	8/8 a0 = -1943228.6599204552 a1 = 1401054.0440823149 a2 = -433875.0640522378 a3 = 75353.4205327009 a4 = -8027.5084364074 a5 = 537.3071909072 a6 = -22.0782134465 a7 = 0.5093379896 a8 = -0.00505053445
8/9 a0 = -43562.5043677777 a1 = 15136.1907830013 a2 = -20.9861452105 a3 = -721.0315317301 a4 = 142.4571997911 a5 = -13.0195415274 a6 = 0.6381262660 a7 = -0.0162996458 a8 = 0.0001697654	8/10 a0 = -1006873.1903581860 a1 = 679749.440781131 a2 = -195991.5197603602 a3 = 31518.4021205658 a4 = -3093.6663086087 a5 = 190.0173580935 a6 = -7.1430601580 a7 = 0.1504884124 a8 = -0.0013623778	8/11 a0 = 1594331.9075388098 a1 = -1137927.8278747112 a2 = 349297.8567467336 a3 = -60236.608051416 a4 = 6383.1060060603 a5 = -425.5704571319 a6 = 17.4335533017 a7 = -0.4012772028 a8 = 0.0039748940	8/12 a0 = 328030.4270130091 a1 = -238529.8888277870 a2 = 74554.4478410860 a3 = -13085.2585072287 a4 = 1409.8828256828 a5 = -95.3976051492 a6 = 3.9562939541 a7 = -0.0919449180 a8 = 0.0009172393
8/13 a0 = 2215539.6377536380 a1 = -1509057.5366655865 a2 = 441303.3956928746 a3 = -72418.4914088943 a4 = 7298.4893625793 a5 = -462.8282305792 a6 = 18.0450186010 a7 = -0.3957404895 a8 = 0.0037403245	8/14 a0 = 115505.5671474363 a1 = -51059.7826905945 a2 = 6340.3368064158 a3 = 417.5481842175 a4 = -190.4667446041 a5 = 21.4291197750 a6 = -1.1931016483 a7 = 0.0337689607 a8 = -0.0003881126	8/15 a0 = -328736.3465998789 a1 = -51059.7826905945 a2 = -67579.9224528141 a3 = 11389.8975790711 a4 = -1186.1863865801 a5 = 78.1883943972 a6 = -3.1856320469 a7 = 0.0733251275 a8 = -0.0007296272	8/16 a0 = 2209556.5483217994 a1 = -1520391.2121796071 a2 = 448674.8132490487 a3 = -74196.9379870350 a4 = 7523.9614680400 a5 = -479.3366671210 a6 = 18.7478641484 a7 = -0.4119100811 a8 = 0.0038957064
8/17 a0 = 140957.5420870599 a1 = -99001.4496097049 a2 = 29901.7910668256 a3 = -5082.3218341516 a4 = 531.8345939635 a5 = -35.0390751243 a6 = 1.4181749824 a7 = -0.0322451013 a8 = 0.0003155944	8/18 a0 = -812620.8152767462 a1 = 564321.1133255708 a2 = -168056.3208169248 a3 = 28026.5070724003 a4 = -2863.5907721351 a5 = 183.7060285964 a6 = -7.2327538406 a7 = 0.1599283009 a8 = -0.0015219031	8/19 a0 = 909258.5966820637 a1 = -650556.3820065653 a2 = 200052.5827419862 a3 = -34533.0527106790 a4 = 3659.3625673596 a5 = -243.6994069046 a6 = 9.9605598194 a7 = -0.2285108488 a8 = 0.0022541049	8/20 a0 = -1101844.0062969760 a1 = 730584.8348444867 a2 = -207031.9526232709 a3 = 32747.9182151583 a4 = -3163.7124909891 a5 = 191.3219954330 a6 = -7.0804298274 a7 = 0.1467727972 a8 = -0.0013061892
8/21 a0 = -2250734.9796735337 a1 = 1616858.1270004364 a2 = -499040.3483670822 a3 = 86400.6749705975 a4 = -9175.4568517730 a5 = 612.0118282010 a6 = -25.0434842382 a7 = 0.5750148865 a8 = -0.0056750263	8/22 a0 = 1127010.0538905652 a1 = -727494.0136555380 a2 = 200053.3024065163 a3 = -30615.1599475961 a4 = 2852.5773495673 a5 = -165.7477145520 a6 = 5.8667475265 a7 = -0.1158951976 a8 = 0.0009734654	8/23 a0 = 2622915.2730488409 a1 = -1856479.8679957034 a2 = 564476.1390370736 a3 = -96300.4401233665 a4 = 10082.4340370124 a5 = -663.4152899899 a6 = 26.7982826300 a7 = -0.6077404951 a8 = 0.0059286633	8/24 a0 = -473618.8625291975 a1 = 313404.5454965947 a2 = -88799.9521526203 a3 = 14054.5142791767 a4 = -1357.4689767410 a5 = 81.8670974964 a6 = -3.0084343094 a7 = 0.0615368830 a8 = -0.0005358356
8/26 a0 = 87387.9980445647 a1 = -63739.3755072661 a2 = 19966.5027129361 a3 = -3508.0877486792 a4 = 378.0129071551 a5 = -25.5719450290 a6 = 1.0605374591 a7 = -0.0246614493 a8 = 0.0002463339	8/27 a0 = -42749.8344243191 a1 = 28459.7219880443 a2 = -8045.2314950765 a3 = 1258.0136178802 a4 = -119.0689574419 a5 = 6.9527911671 a6 = -0.2439658435 a7 = 0.0046779042 a8 = -0.0000371950	8/28 a0 = -1446072.2239482366 a1 = 1001227.9982489534 a2 = -297362.7991327023 a3 = 49493.8250851537 a4 = -5052.1771285110 a5 = 324.1152887504 a6 = -12.7728894606 a7 = 0.2829555902 a8 = -0.0027001618	8/29 a0 = 392881.5226174836 a1 = -288702.9649043399 a2 = 91288.4046989994 a3 = -16211.7542063976 a4 = 1766.3981330353 a5 = -120.7446854934 a6 = 5.052381294 a7 = -0.1183017719 a8 = 0.0011873675
8/30 a0 = -598535.1240583794 a1 = 398832.3296812543 a2 = -113534.2337484454 a3 = 18039.0755476230 a4 = -1751.1452481749 a5 = 106.4825782222 a6 = -3.9659909582 a7 = 0.0828244998 a8 = -0.0007433529	8/31 a0 = -408425.8650334594 a1 = 256865.7899619554 a2 = -68307.7797134905 a3 = 10022.8643014111 a4 = -887.0818334630 a5 = 48.4583260598 a6 = -1.5917532804 a7 = 0.0285871032 a8 = -0.0002125412		

[그림 13] 일별 다항회귀모형 계수산출 모니터 화상의 예

Degree = 8  
h = 0.001

	8/1	8/2	8/3	8/4	8/5	8/6	8/7	8/8	8/9	8/10	8/11	8/12	8/13	8/14	8/15	8/16	8/17	8/18	8/19	8/20	8/21	8/22	8/23	8/24	8/25	8/26	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31					
8/1	0	725	880	2348	1043	630	2072	2016	790	2350	1270	310	1268	887	581	697	221	672	1155	964	3180	1583	3012	2591	4516	5700	5765	4806	1489	4338	2062					
8/2		0	583	1740	1193	693	1442	1342	950	1791	837	718	928	670	563	775	678	472	567	396	2566	1405	2397	1993	3896	5071	5136	4176	933	3709	1542					
8/3			0	2198	1546	840	1667	1501	1376	1990	1314	818	1454	860	866	1271	976	738	1129	779	2737	1565	2639	2162	4108	5292	5357	4388	1435	3930	1920					
8/4				0	2651	2092	1351	1680	2073	1538	1554	2402	1387	1782	1968	1717	2213	1876	1365	1897	2580	1705	1082	1708	2377	3453	3516	2680	1273	2283	1863					
8/5					0	964	1696	1413	785	1963	1579	1170	1237	1236	612	936	917	1009	1116	1120	2400	1419	2415	2106	3747	4932	4997	4037	1277	3570	1776					
8/6						0	1571	1520	1101	1837	1160	803	952	643	610	928	591	488	989	875	2638	1069	2489	2099	3992	5177	5242	4282	1050	3615	1644					
8/7							0	735	1845	1365	1286	2160	1061	1191	1708	1457	1851	1438	1010	1285	1617	885	1564	863	2495	3637	3701	2799	1063	2313	1418					
8/8								0	1918	1371	1556	2031	1289	1208	1540	1572	1880	1434	1240	1311	1720	1418	1777	1424	2744	3928	3993	3033	1179	2571	1859					
8/9									0	2441	1542	843	1393	1082	725	763	694	657	977	1036	3630	1345	2767	2275	3932	5117	5182	4224	1609	3755	1479					
8/10										0	1314	2420	1620	2004	2175	2233	2192	1851	1603	1655	2410	2267	1098	1686	2355	3402	3605	2603	969	2075	2452					
8/11											0	1370	812	1064	1126	1077	1135	1016	652	781	2782	1727	1775	1588	3439	4536	4617	3728	512	3179	1806					
8/12												0	1374	965	603	807	469	797	1243	1054	3243	1750	3100	2679	4904	5788	5653	4983	1577	4426	2150					
8/13													0	919	1007	835	1139	941	616	1012	2602	1280	1942	1834	3432	4557	4619	3734	730	3243	1563					
8/14														0	622	719	788	490	798	828	2336	882	2195	1778	3635	4819	4984	3928	1236	3457	1256					
8/15															0	549	539	480	810	741	2781	1289	2648	2201	4152	5336	5401	4441	1282	3974	1698					
8/16																0	663	785	706	953	2721	1275	2397	2091	3923	5086	5151	4227	1302	3745	1569					
8/17																	0	476	947	818	3003	1361	2791	2391	4294	5479	5544	4394	1288	4117	1841					
8/18																		0	613	520	2534	1048	2388	1945	3949	5033	5088	4139	1057	3671	1385					
8/19																			0	496	2392	1208	1896	1527	3372	4545	4610	3667	735	3183	1300					
8/20																				0	2412	1405	2218	1680	3626	4810	4875	3915	852	3448	1476					
8/21																					0	1883	2689	1336	1557	2562	2656	1686	2481	1570	1885					
8/22																					0	2180	1345	3039	4165	4227	3309	1586	2652	1015						
8/23																						0	1720	2006	2792	2836	2314	1537	1943	2405						
8/24																							0	1185	1250	502	3052	832	2964							
8/25																								0	272	908	4211	1362	3653							
8/26																										0	1001	4276	1445	3703						
8/27																											0	3340	569	2797						
8/28																												0	2849	1772						
8/29																													0	2331						
8/30																														0						
8/31																															0					

[그림 14] 최종 결과표 출력의 예 (1달내에서 비교시)

Degree = 8  
h = 0.001

	9/1	9/2	9/3	9/4	9/5	9/6	9/7	9/8	9/9	9/10	9/11	9/12	9/13	9/14	9/15	9/16	9/17	9/18	9/19	9/20	9/21	9/22	9/23	9/24	9/25	9/26	9/27	9/28	9/29	9/30
8/1	383	522	461	2775	2833	4233	973	1478	3499	1872	2746	2498	1047	1470	1667	2381	2749	1964	4739	1103	677	1324	1639	1782	1504	1463	1747	3536	2550	2153
8/2	964	1014	760	2171	2210	3603	1096	1223	2870	1269	2116	1869	780	891	1057	1752	2120	1341	4110	1258	714	837	1009	1324	1048	868	1117	2906	1920	1523
8/3	1082	1203	1092	2317	2420	3825	1407	1721	3091	1751	2353	2056	1196	1318	1463	1973	2341	1619	4331	1670	1153	1387	1414	1828	1530	1411	1386	3128	2142	1853
8/4	2382	2378	2203	1945	1281	2071	2124	1810	2430	1059	1310	1129	1734	1583	1389	1348	1532	1540	2731	2147	2056	1580	1450	1658	1660	1529	1579	1730	1771	1254
8/5	1213	1177	898	2189	2069	3464	938	1256	2802	1188	1986	1897	880	956	1068	1614	2002	1216	3983	889	859	913	1075	1235	948	1024	1132	2767	1826	1563
8/6	729	822	491	2236	2305	3709	883	1245	2976	1349	2222	1974	617	946	1143	1857	2226	1440	4216	1055	522	886	1115	1311	1005	971	1223	3012	2026	1629
8/7	1916	2195	1723	1363	1297	2188	1689	1549	1487	862	1224	1225	1171	970	800	538	691	819	2670	1702	1545	1021	826	1251	1137	979	811	1499	799	1101
8/8	2152	2132	1783	1449	1329	2461	1924	1295	2040	962	1460	1142	1365	1100	1006	796	1193	925	3092	1987	1610	1160	1011	1583	1390	1078	915	1794	1143	1076
8/9	854	752	656	2678	2319	3649	580	1648	2916	1530	2163	2324	871	1152	1279	1886	2166	1426	4136	543	948	1153	1286	1198	1024	1317	1359	2652	1967	1903
8/10	2328	2288	1919	1135	794	2105	2247	978	2602	1275	1395	610	1728	1446	1383	1328	1740	1559	2815	2221	1718	1386	1430	1878	1659	1239	1376	1452	2060	884
8/11	1349	1431	997	1711	1767	3161	1445	1006	2577	1190	1620	1366	1038	1052	1008	1467	1821	1473	3650	1478	898	834	1051	1370	1185	796	1171	2385	1964	1091
8/12	603	6232	596	2865	2923	4320	1134	1493	3587	1960	2834	2586	1134	1558	1755	2469	2837	2052	4827	1225	765	1412	1727	1869	1592	1551	1835	3824	2638	2240
8/13	1164	1235	975	1867	1856	3121	1211	875	2351	774	1664	1470	699	798	735	1272	1634	1202	3586	1255	839	540	844	1094	788	562	964	2430	1693	947
8/14	1046	1103	743	2051	2004	3352	995	1515	2618	1197	1885	1678	648	796	953	1500	1868	1897	3858	1165	799	943	859	1246	998	1015	890	2655	1669	1480
8/15	886	933	540	2373	2464	3869	845	1476	3135	1508	2382	2134	683	1106	1303	2017	2385	1600	4375	1002	613	960	1275	1418	1140	1099	1383	3172	2186	1788
8/16	885	963	744	2425	2311	3625	1006	1426	2885	1258	2159	1933	701	953	1061	1769	2136	1406	4125	968	734	880	1065	1175	960	1034	1183	2933	1953	1644
8/17	350	415	313	2575	2622	4011	752	1330	3278	1651	2525	2277	825	1249	1446	2100	2528	1742	4518	882	492	1103	1418	1560	1283	1242	1526	3314	2344	1931
8/18	753	729	569	2120	2162	3566	692	1322	2832	1205	2079	1852	479	808	500	1070	1714	2082	1297	4072										

### 5. 실험결과 및 고찰

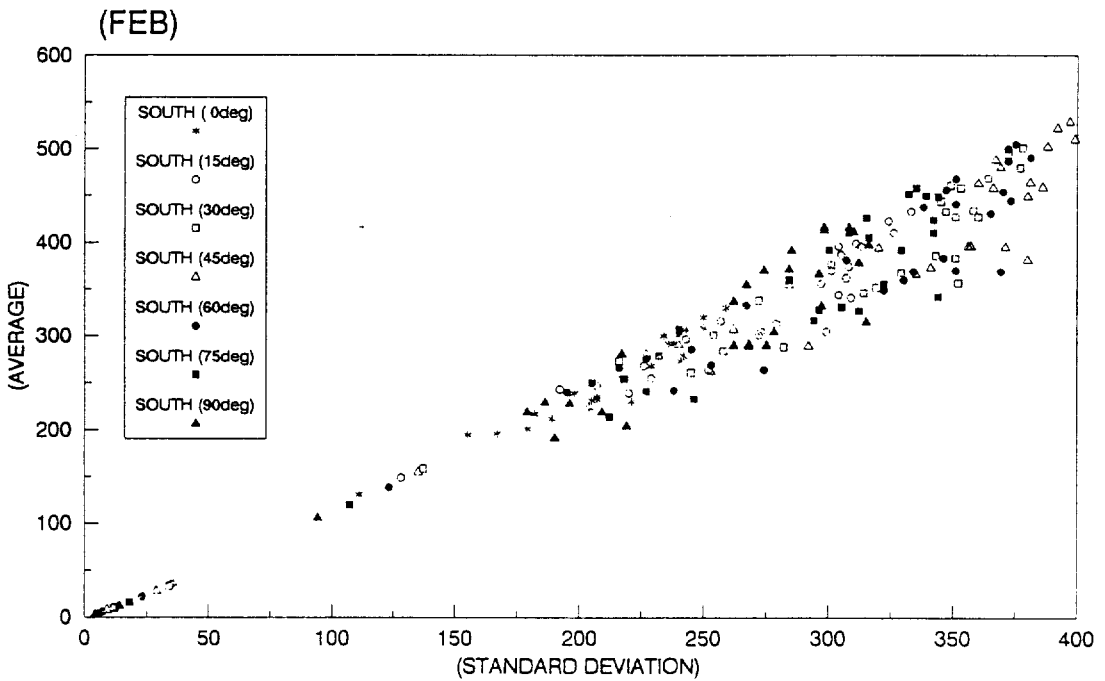
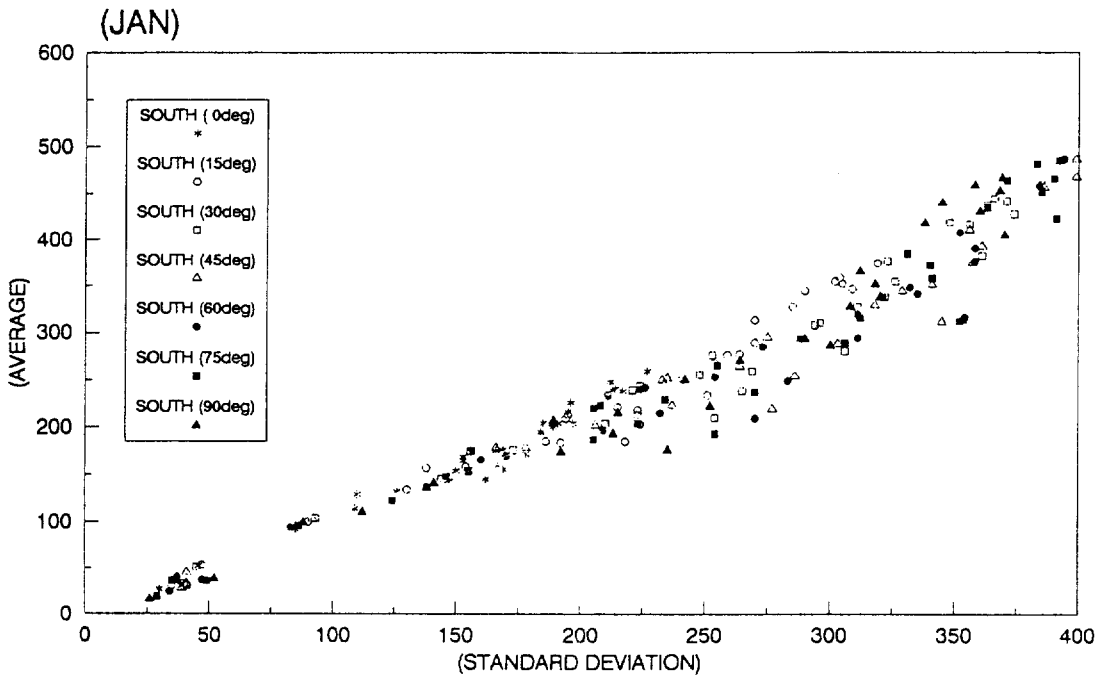
무인자동화된 방위별 경사면일사량 측정시스템에서 1996년 8월부터 1997년 7월까지 매시간 측정된 실측자료를 이용하여 시간별 평균 일사

량과 표준편차를 토대로 전기간에 걸친 경사면 일사량을 월별 평균 및 경사각도별로 분석하여 보면, <표 4>와 [그림 16]에서 나타난바와 같이 수평면상의 지표면에 대한 경사면이 받는 일사량은 서로 밀접한 회귀관계를 갖는 것으로 나타났다.

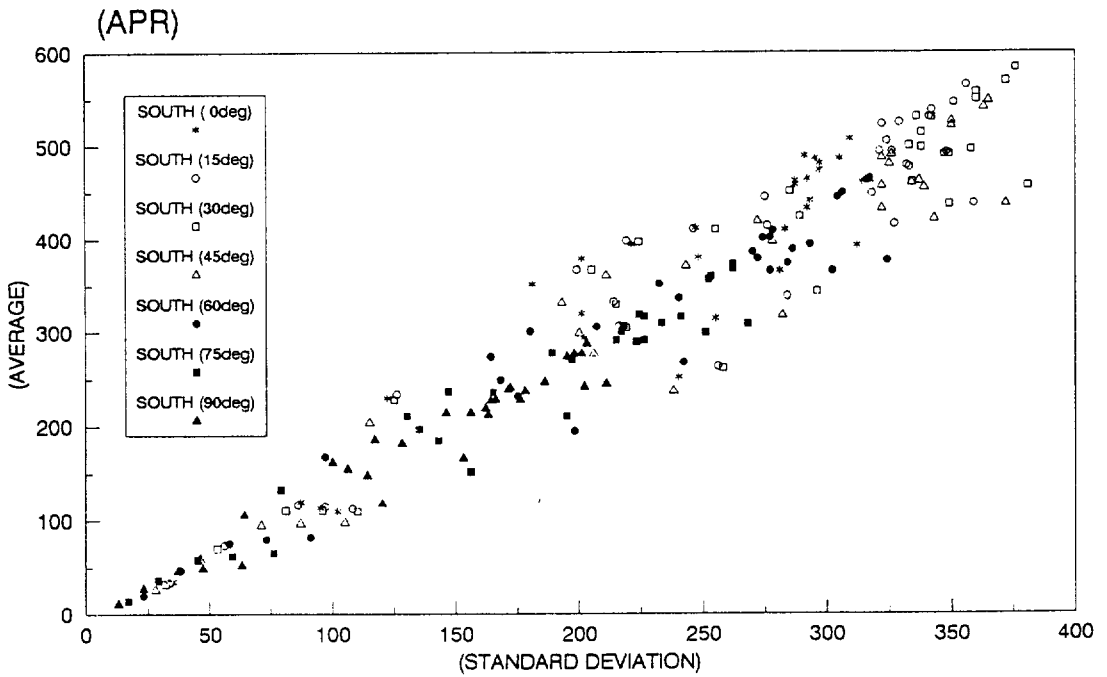
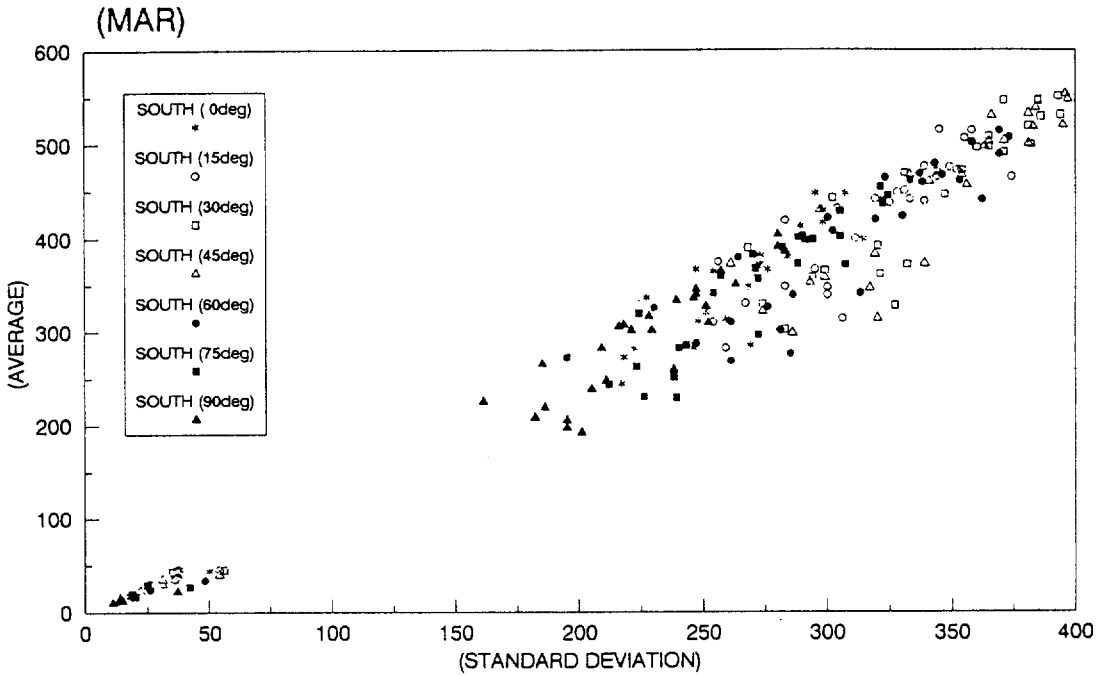
<표 4> 시간별 평균일사량과 표준편차와의 상관관계

경사각도 월		0(S)	15(S)	30(S)	45(S)	60(S)	75(S)	90(S)	90(E)	90(W)	90(N)
1	A	-10.949	-19.621	-27.839	-33.031	-35.449	-36.815	-37.408	7.617	13.915	5.216
	B	1.135	1.162	1.185	1.189	1.198	1.210	1.231	0.750	0.759	0.921
	R	0.966	0.960	0.955	0.953	0.949	0.944	0.937	0.977	0.932	0.867
2	A	-11.875	-15.483	-19.634	-20.123	-20.433	-18.220	-18.758	6.332	8.601	0.307
	B	1.249	1.252	1.264	1.256	1.261	1.267	1.290	0.849	0.852	1.259
	R	0.969	0.954	0.944	0.936	0.929	0.958	0.912	0.985	0.979	0.917
3	A	-20.060	-23.157	-25.367	-28.008	-26.473	-25.560	-22.408	8.734	8.586	4.208
	B	1.143	1.397	1.390	1.384	1.384	1.393	1.403	0.916	0.928	1.394
	R	0.948	0.946	0.945	0.945	0.943	0.942	0.939	0.971	0.961	0.808
4	A	-6.644	-3.584	-2.388	-3.343	-3.393	-2.555	-22.408	8.734	8.586	4.208
	B	1.558	1.495	1.458	1.419	1.394	1.357	1.403	0.916	0.928	1.394
	R	0.895	0.910	0.918	0.928	0.934	0.942	0.939	0.971	0.961	0.808
5	A	-29.133	-28.694	-25.863	-22.516	-16.029	-9.886	-4.970	4.968	5.492	54.603
	B	1.652	1.578	1.524	1.462	1.419	1.367	1.361	1.063	1.106	0.524
	R	0.868	0.897	0.916	0.913	0.940	0.944	0.926	0.965	0.949	0.096
6	A	-1.116	2.677	5.696	5.111	6.283	4.296	-1.335	22.347	9.100	79.300
	B	1.170	1.610	1.544	1.472	1.426	1.397	1.507	1.067	1.185	0.244
	R	0.830	0.862	0.879	0.897	0.902	0.902	0.861	0.878	0.934	0.014
7	A	-23.925	-18.805	-13.334	-9.446	-5.490	-2.672	-2.399	10.554	14.938	26.718
	B	1.705	1.610	1.544	1.470	1.426	1.380	1.410	1.083	1.081	1.213
	R	0.918	0.940	0.952	0.962	0.967	0.964	0.943	0.955	0.943	0.331
8	A	-20.307	-18.024	-15.168	-12.849	-9.130	-5.831	-3.000	9.355	12.121	45.498
	B	1.642	1.569	1.519	1.464	1.431	1.386	1.382	1.116	1.111	0.753
	R	0.859	0.877	0.890	0.900	0.906	0.914	0.907	0.938	0.948	0.183
9	A	-23.714	-23.562	-25.721	-26.278	-24.882	-22.062	-20.158	22.845	32.129	21.632
	B	1.446	1.402	1.388	1.370	1.366	1.362	1.372	0.832	0.823	0.930
	R	0.896	0.903	0.904	0.906	0.908	0.912	0.910	0.912	0.965	0.647
10	A	-16.792	-22.613	-29.195	-34.295	-35.152	-34.560	-32.819	7.885	9.363	4.582
	B	1.266	1.268	1.286	1.298	1.313	1.329	1.345	0.836	0.847	1.103
	R	0.947	0.946	0.938	0.935	0.932	0.929	0.925	0.970	0.977	0.716
11	A	-17.936	-22.974	-25.291	-30.017	-29.474	-28.205	-26.879	6.157	7.962	4.897
	B	1.173	1.171	1.174	1.177	1.178	1.181	1.185	0.783	0.755	0.892
	R	0.938	0.943	0.948	0.937	0.935	0.932	0.929	0.977	0.981	0.708
12	A	-15.792	-27.128	-36.989	-50.017	-51.896	-52.126	-52.231	5.324	-1.278	-3.241
	B	1.134	1.162	1.181	1.207	1.216	1.226	1.248	0.758	0.852	1.192
	R	0.965	0.952	0.943	0.936	0.928	0.924	0.918	0.951	0.940	0.961

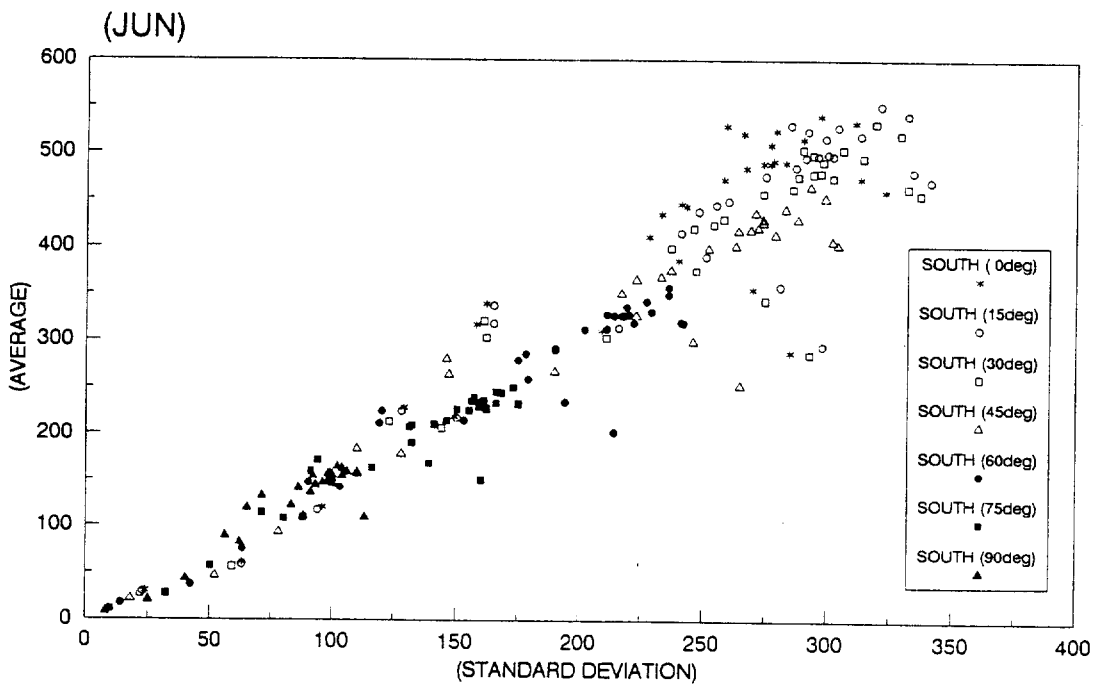
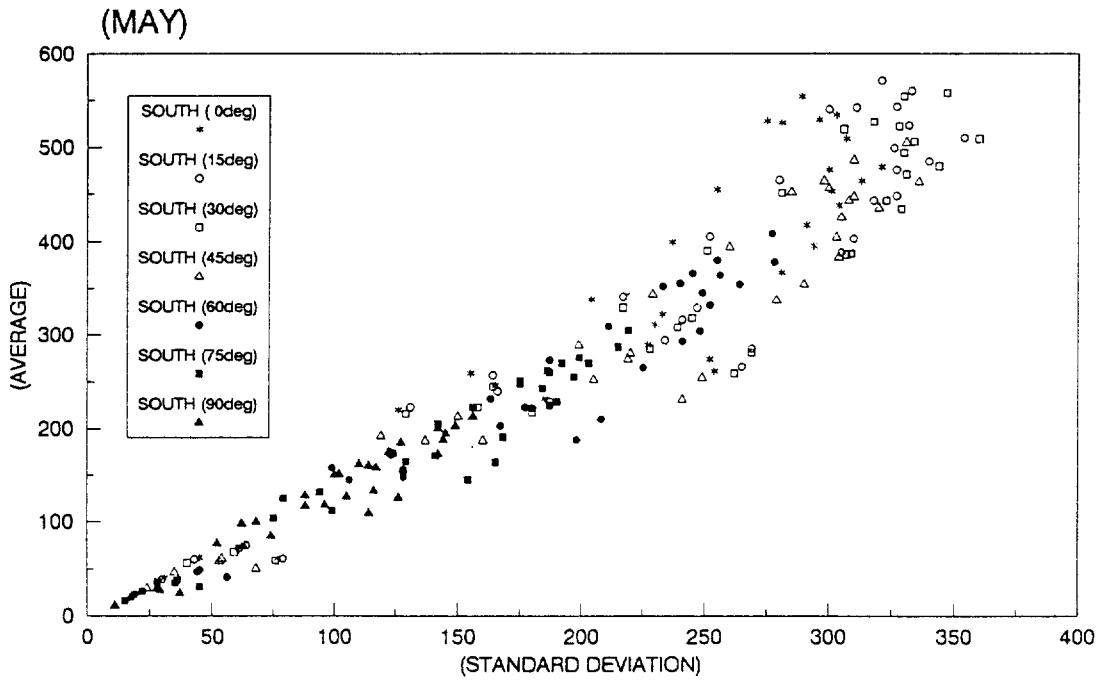
\* Y = A + B\*X



[그림 16] 하루 평균 일사량과 표준편차와의 상관관계

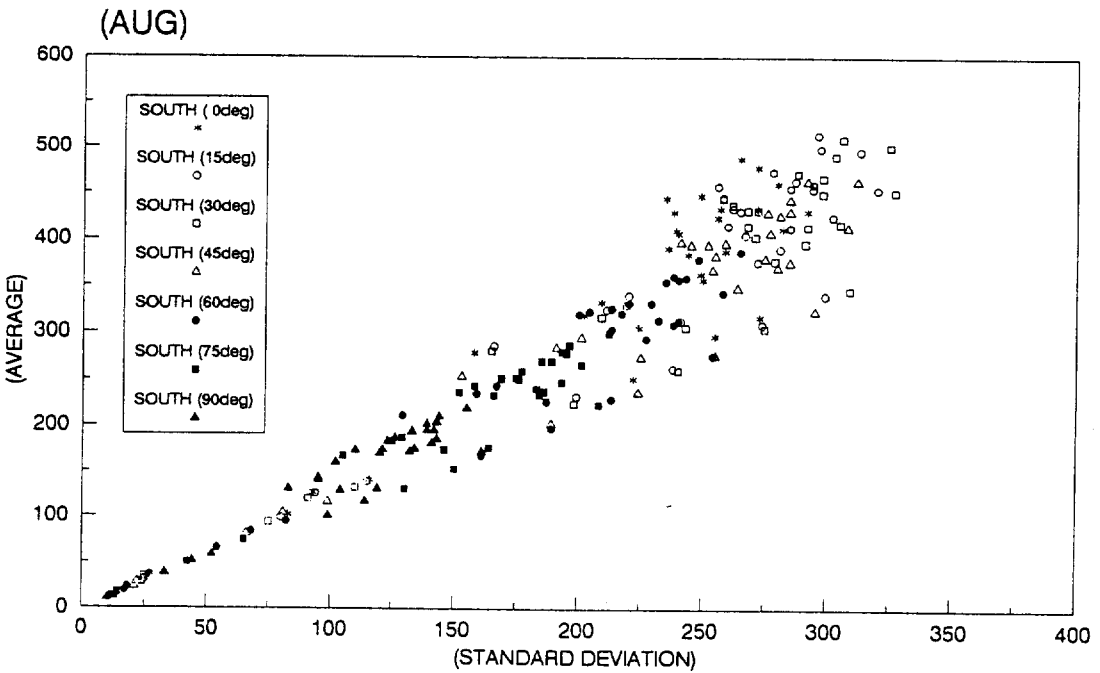
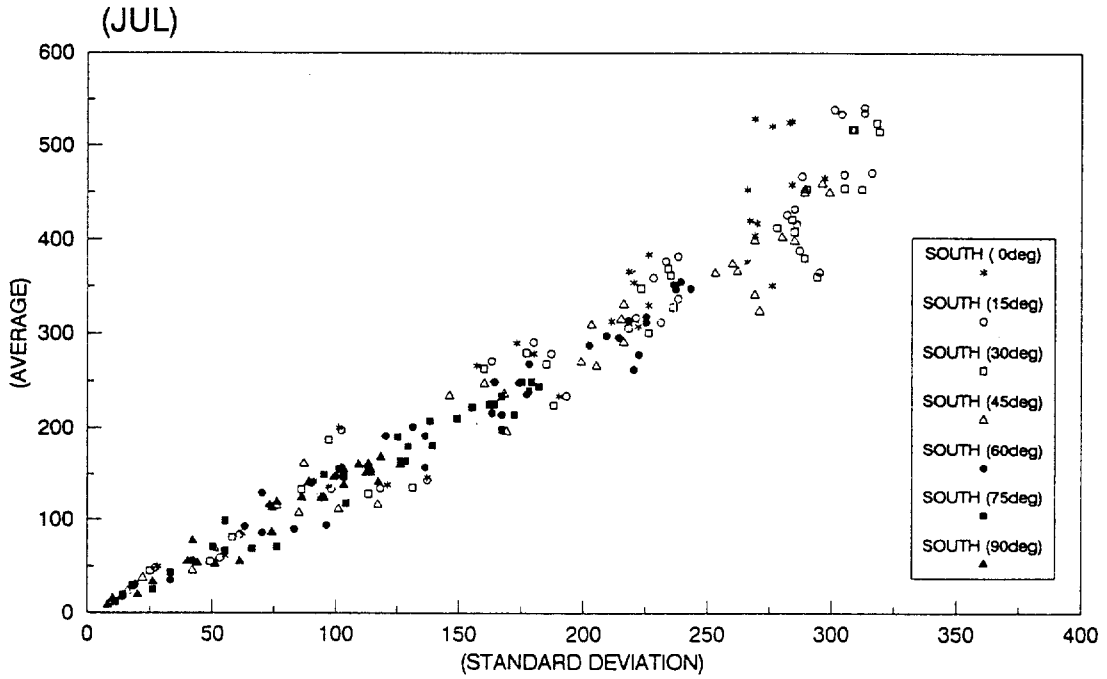


[그림 16] 하루 평균 일사량과 표준편차와의 상관관계(계속)

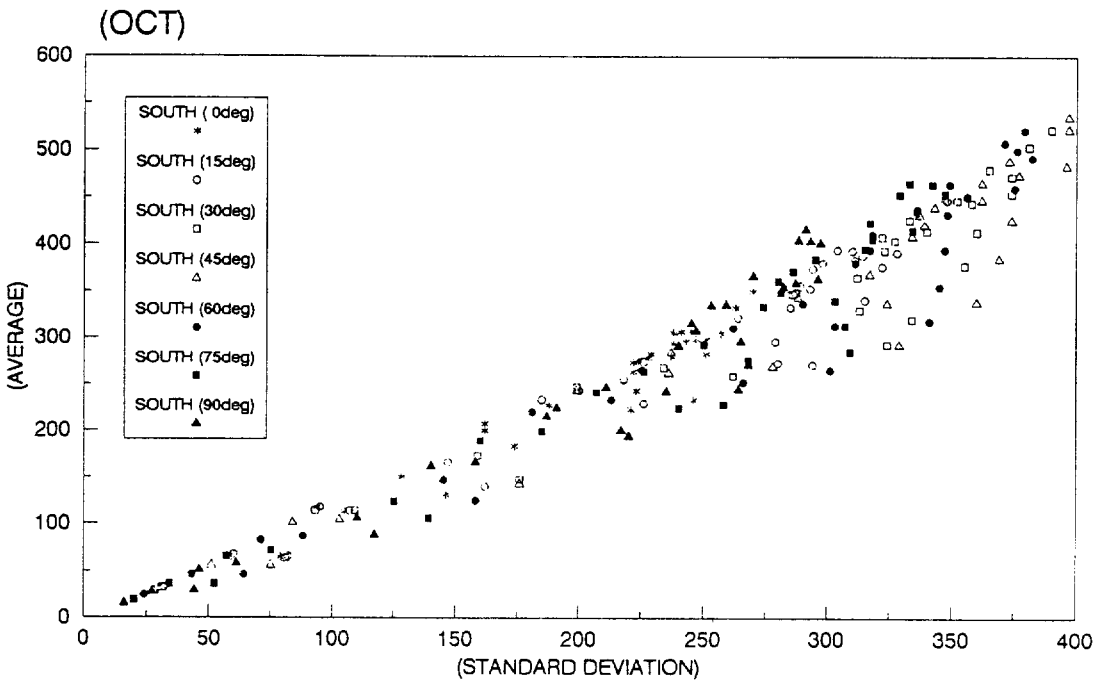
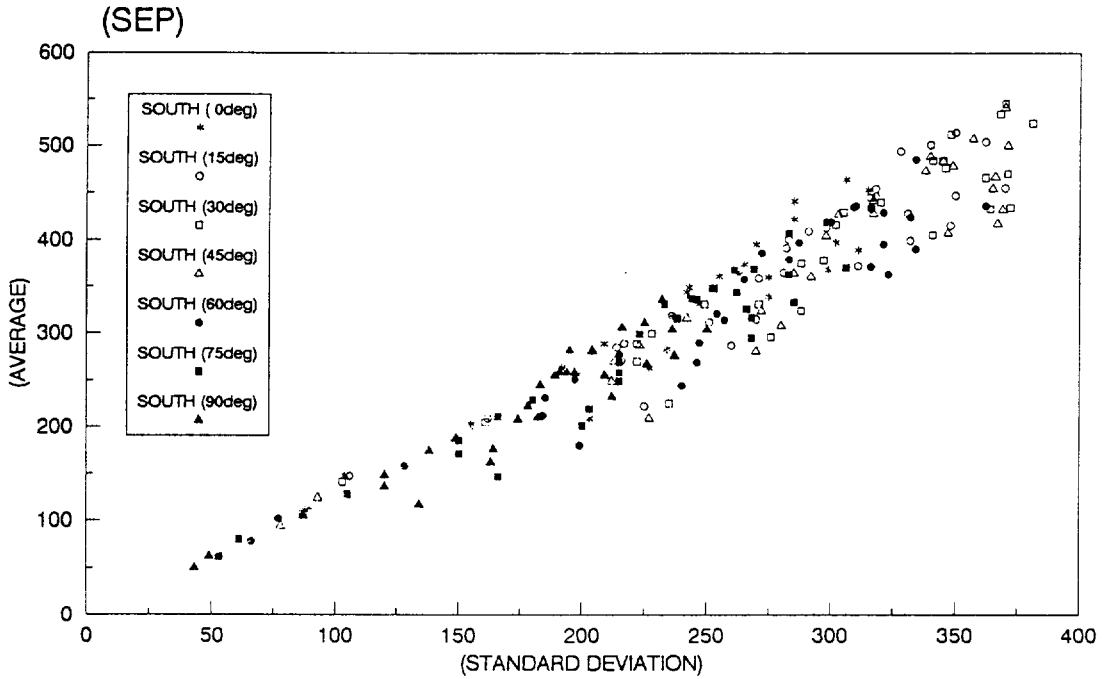


[그림 16] 하루 평균 일사량과 표준편차와의 상관관계(계속)

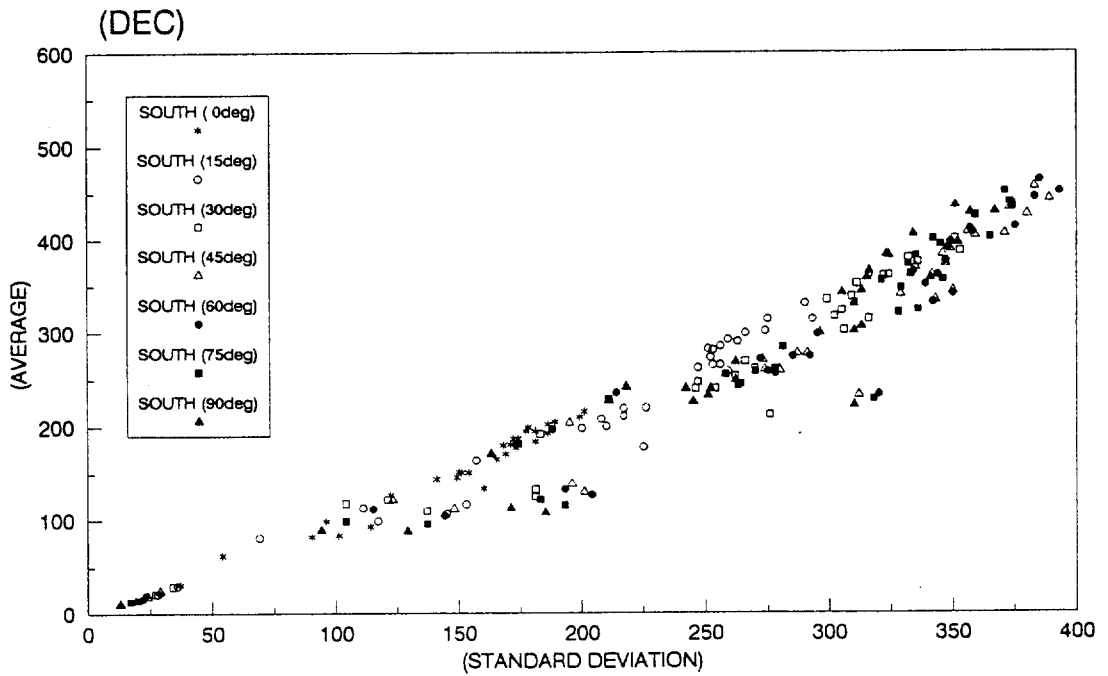
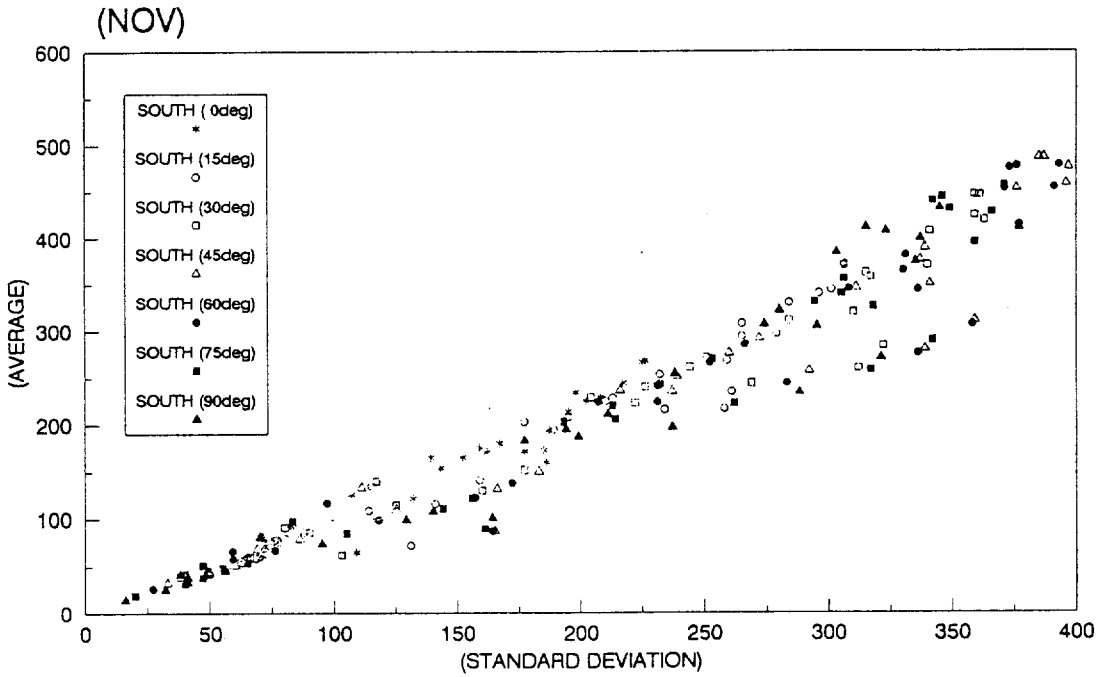




[그림 16] 하루 평균 일사량과 표준편차와의 상관관계(계속)



[그림 16] 하루 평균 일사량과 표준편차와의 상관관계(계속)



[그림 16] 하루 평균 일사량과 표준편차와의 상관관계

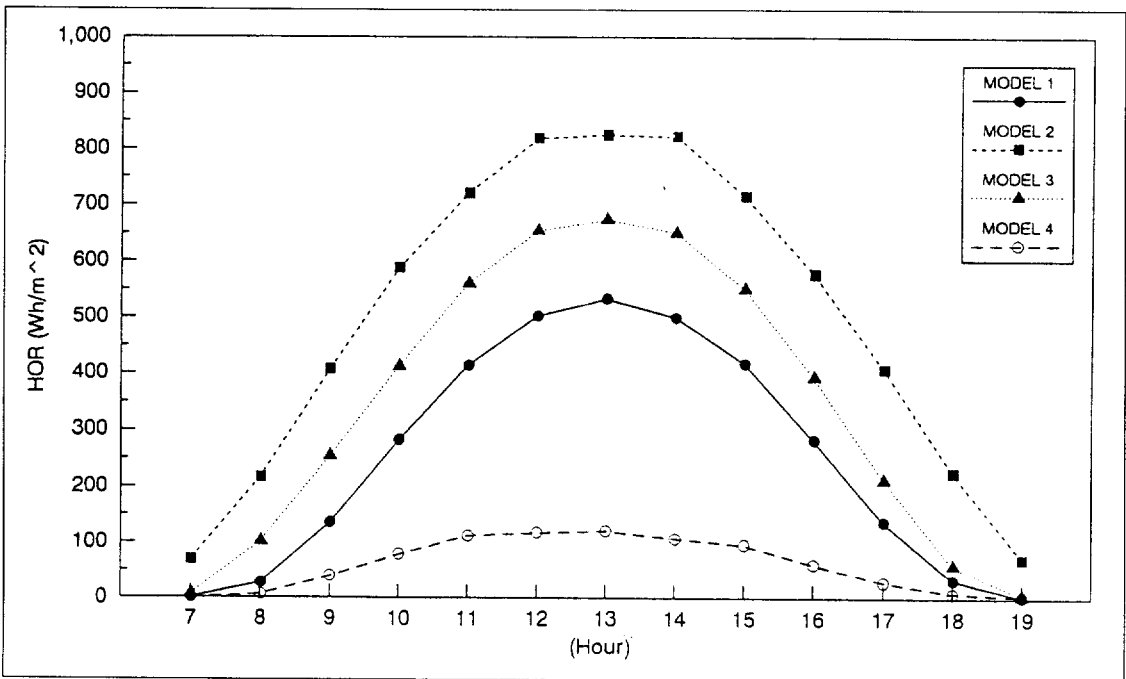
또한, 매 시간마다 실측된 데이터를 근거로 전년을 통하여 수평면상의 지표면에 입사되는 태양에너지 강도의 유사한 날들을 그룹핑한 결과가 [그림 17]과 [그림 18]에서 보는바와 같이 전년에 걸쳐 4가지 모형으로 제시되었다. 각 모형별 특성을 살펴보면, 대부분 [모형 1]은 10월상순부터 다음해 3월 하순에 걸쳐 나타났고, [모형 2]는 4월 상순부터 9월 상순까지 나타났으며, [모형 3]은 9월 중순부터 9월 하순에 걸쳐 나타났다. 반면에 [모형 4]은 9월을 제외한 전년에 걸쳐 고르게 분포되었다.

시간별 최대치는 전 모형 공히 오후 1시경으로 나타났다. [모형 1]의 시간별 최대치는 533 Wh/m<sup>2</sup>, [모형 2]는 825 Wh/m<sup>2</sup>, [모형 3]은 674 Wh/m<sup>2</sup>이며, 그리고 [모형 4]는 120 Wh/m<sup>2</sup>인 것으로 나타나 모형 중에서 [모형 2]가 시간별 최대치가 가장 높게 나타났으며, 시간별 일사량도 가장 높게 나타나는 경향을 보였다.

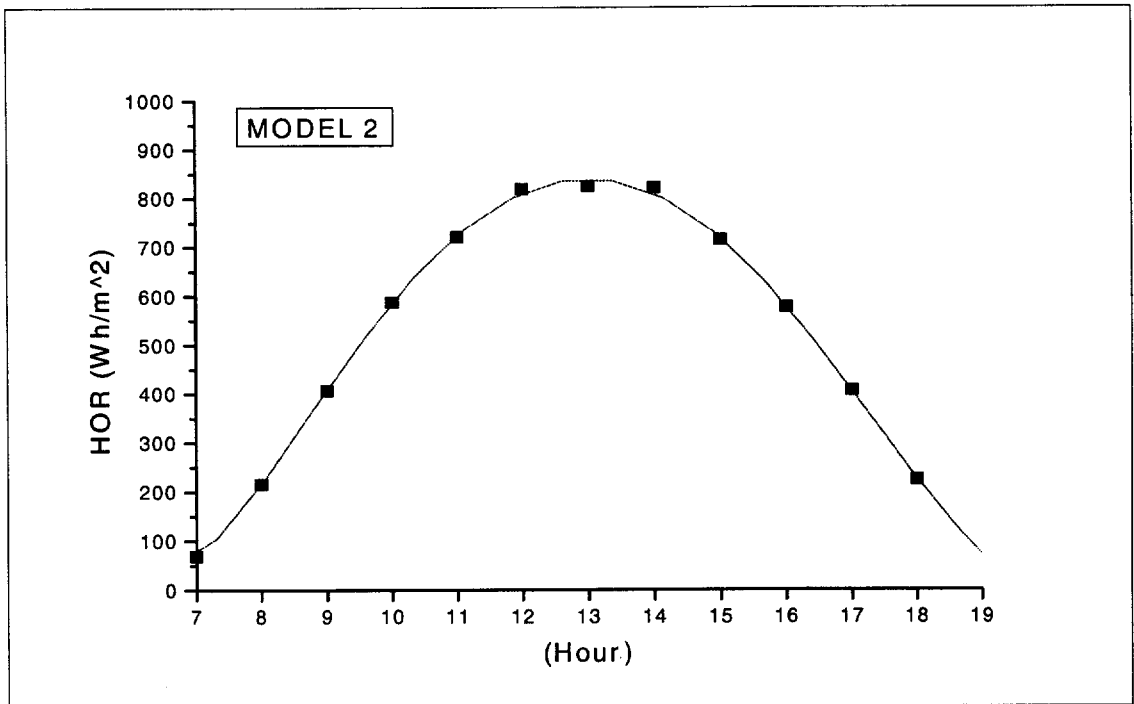
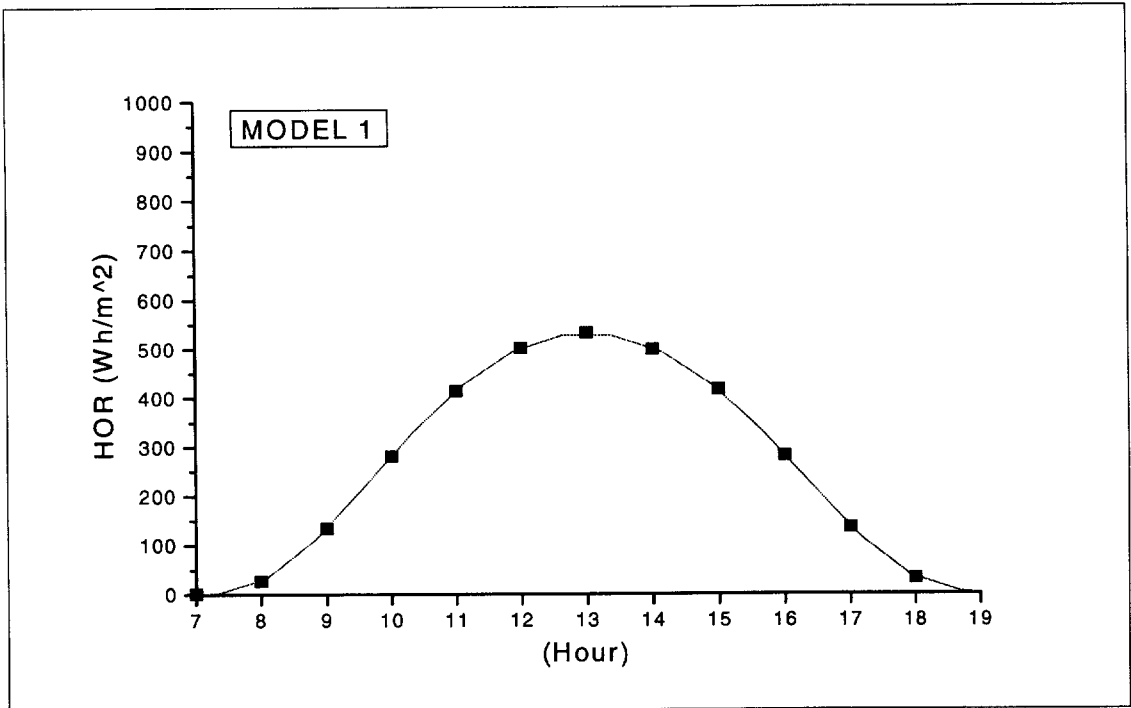
또한 하루에 지표면에 입사하는 태양에너지를 모형별로 살펴보면, [모형 1]이 하루에 3,263 Wh/m<sup>2</sup>, 정도의 태양에너지가 지표면에 입사하는 것으로 나타났다. [모형 2]는 6,461 Wh/m<sup>2</sup>, [모형 3]은 4,524 Wh/m<sup>2</sup>, 그리고 [모형 4]는 하루에 780 Wh/m<sup>2</sup> 정도의 태양에너지가 지표면에 입사하는 것으로 나타나 시간별 최대치나 시간별 일사량과 마찬가지로 모형 중에서 [모형 2]가 가장 높게 나타났으나, 상대적으로 [모형 4]는 가장 낮게 나타나는 경향을 보였다.

또한, 이들 모형을 [그림 17]과 [그림 18]을 토대로 태양에너지의 강도의 형태가 유사한 날들의 그룹별 모형을 다항회귀식으로 나타내면 <표 5>와 같다.

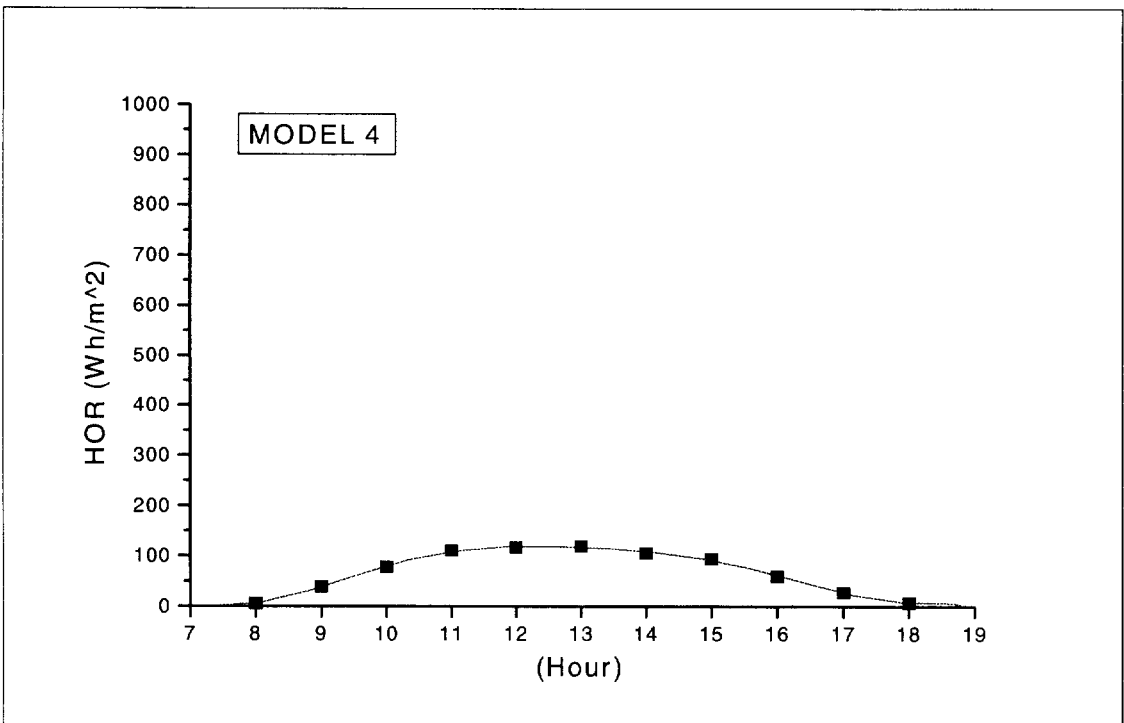
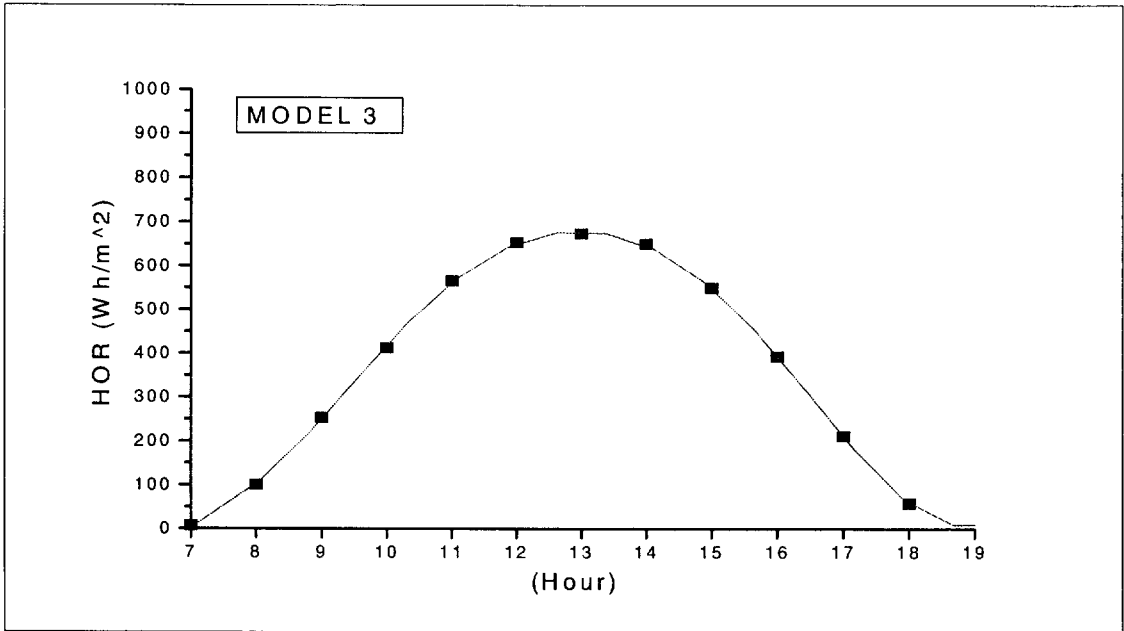
한편, 그동안 측정된 실측자료를 토대로 태양열 및 태양광 시스템 설계 및 주거부분 설계를 위하여 각 방위별로 수평면상의 지표면에 대한 경



[그림 17] 전 모형의 시각별에 따른 수평면 전일사량 변화도



[그림 18] 각 모형의 시각별에 따른 수평면 전일사량 변화도(계속)



[그림 18] 각 모형의 시각별에 따른 수평면 전일사량 변화도

〈표 5〉 태양에너지 강도가 유사한 날들 그룹의 모형별 상수 값

모형 상수	모형 1	모형 2	모형 3	모형 4
A	-129328.44605	20272.52012	-154848.17998	-117497.90573
B1	93051.26637	-9520.14499	109253.69203	84024.27840
B2	-28436.20101	1557.29839	-32932.44965	-25672.22873
B3	4828.91609	-73.02773	5535.87456	4378.39755
B4	-500.01197	-8.51288	-568.27254	-456.38554
B5	32.45493	1.4201	36.57258	29.81834
B6	-1.29346	-0.08628	-1.44417	-1.19433
B7	0.02899	0.00251	0.03203	0.02685
B8	-2.79902E-4	-2.90902E-5	-3.05636E-4	-2.59576E-4
R	0.99997	0.99948	0.99983	0.99833

$$* Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3 + B4*X^4 + B5*X^5 + B6*X^6 + B7*X^7 + B8*X^8$$

사면이 받는 일사량을 전 모형을 대상으로 분석하여 보면, 〈표 6〉에서 나타남바와 같이 남향의 지표면에 대한 경사각도가 0° ~ 90° 사이의 집

열면에서는 경사각도 30° 부근에서 최대의 일사량을 받는 것으로 나타났다. 또한 남향 수직면에서 받는 일사량(90°S)은 동(90°E), 서향 수직면

〈표 6〉 모형별에 따른 경사면일사량 비교

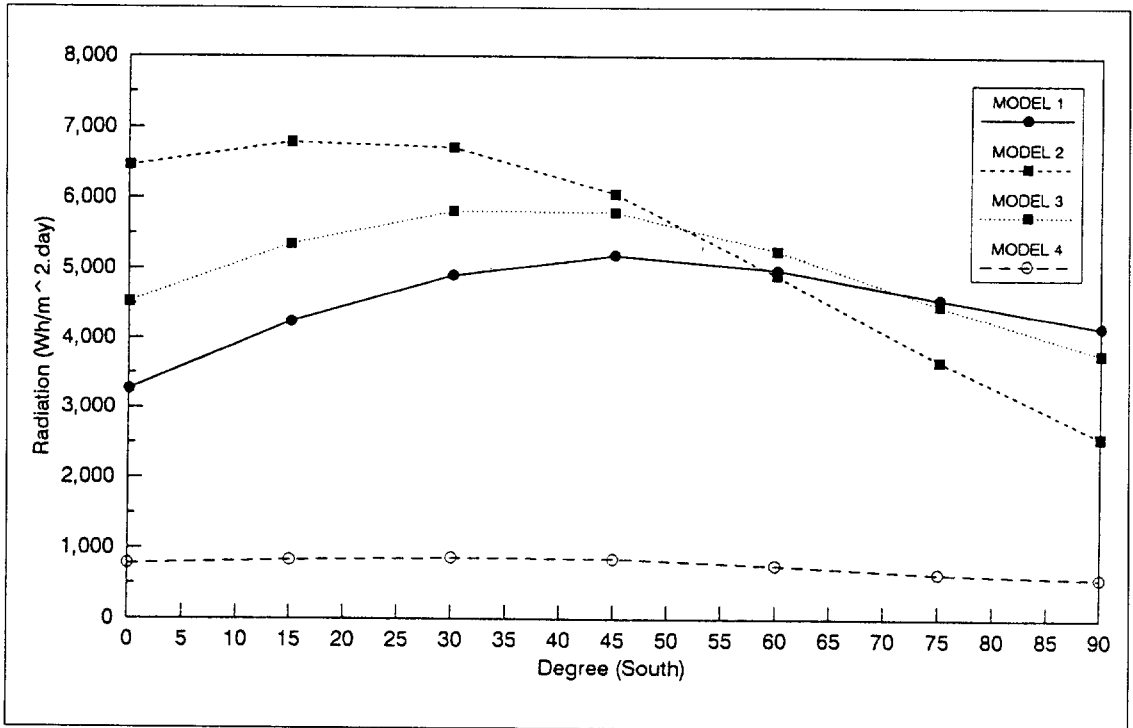
(단위: Wh/m<sup>2</sup>.day)

모형 경사각도	모형 1	모형 2	모형 3	모형 4	평균
0°(S)	3,263	6,461	4,524	780	3,757
15°(S)	4,238	6,786	5,343	832	4,300
30°(S)	4,901	6,708	5,811	858	4,570
45°(S)	5,187	6,058	5,798	845	4,472
60°(S)	4,979	4,901	5,252	754	3,972
75°(S)	4,563	3,666	4,472	637	3,335
90°(S)	4,160	2,574	3,770	572	2,769
90°(E)	1,820	3,402	2,249	364	1,959
90°(W)	1,781	3,016	2,314	377	1,872
90°(N)	507	1,001	611	260	595

(90°W)에 비해서는 1.5배 정도로 나타났으나, 북향 수직면(90°N)에 비해서는 무려 5배 정도나 높게 나타났다.

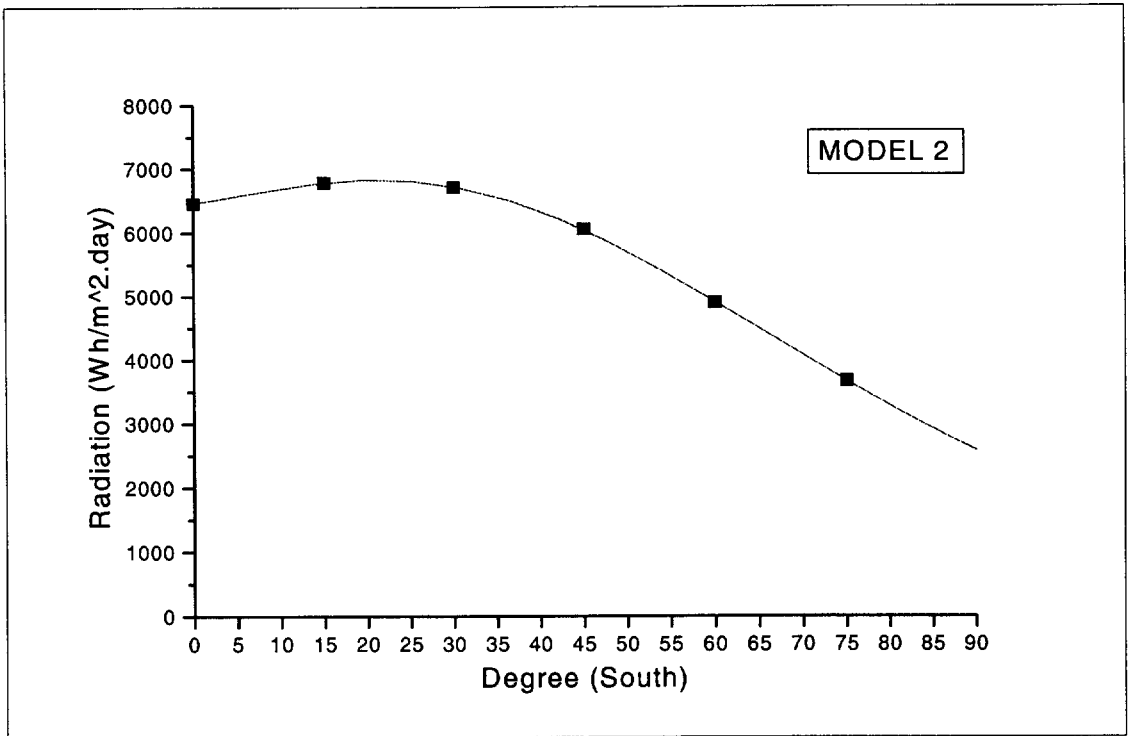
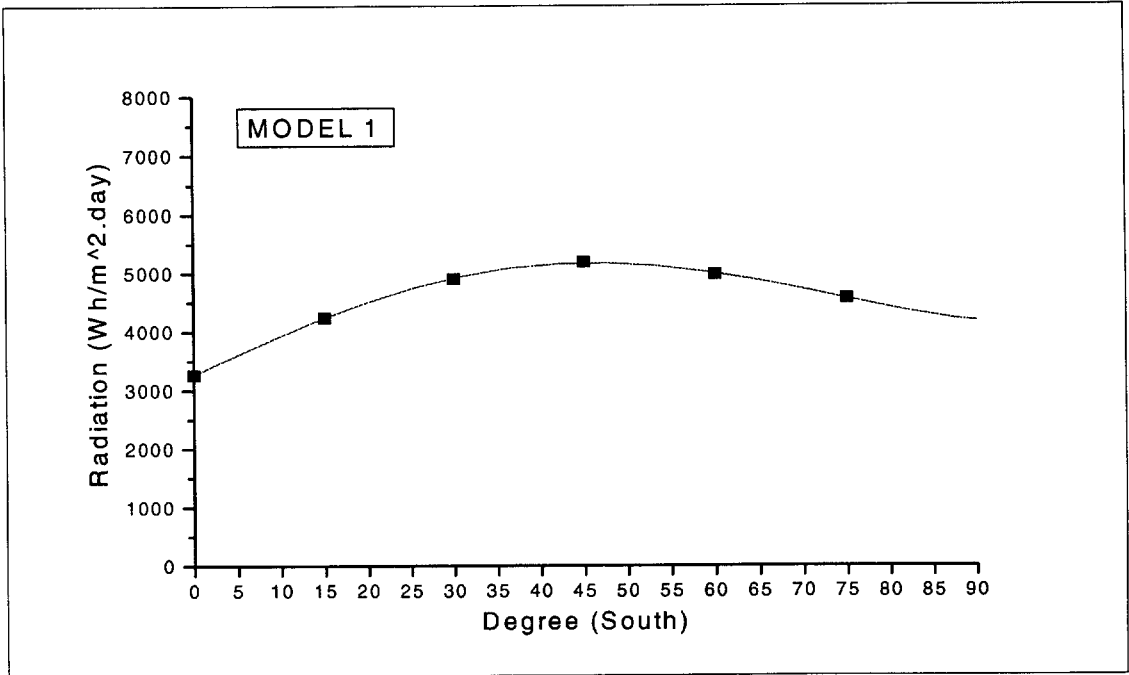
각 모형별로는 다항회귀모형으로 도해된 [그림 19]와 [그림 20]에서 보는 바와 같이 정남향

에서 [모형 1]인 경우, 지표면에 대한 경사각도가 45° 부근인 집열면에서, [모형 2]는 경사각도가 20° 부근에서, [모형 3]은 37° 부근에서, [모형 4]는 경사각도 30° 부근에서 최대의 일사량을 받는 것으로 나타났다.

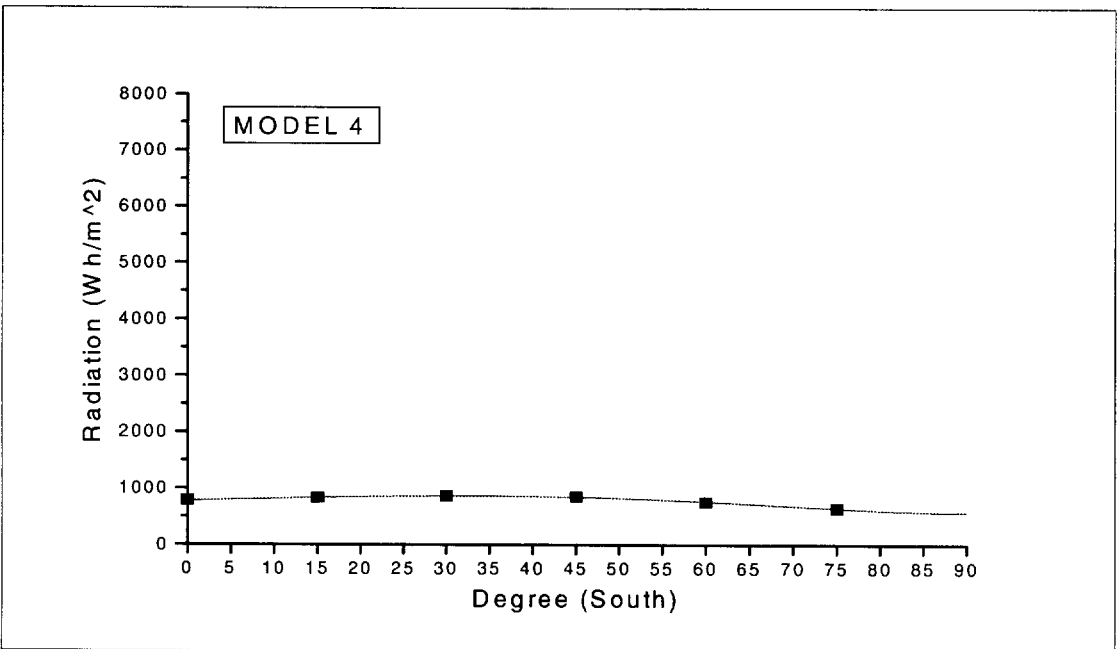
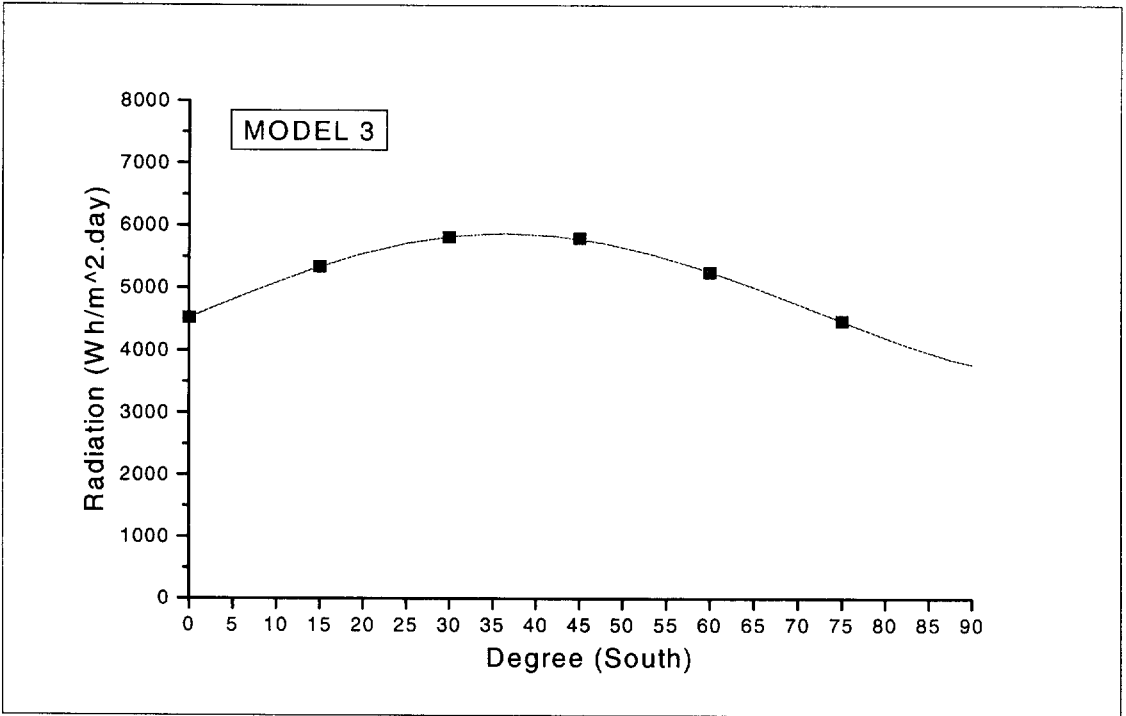


[그림 19] 전 모형에 대한 정남향에서의 경사각도별 일사량 변화도





[그림 20] 각 모형에 대한 정남향에서의 경사각도별에 따른 일사량 변화도 (계속)



[그림 20] 각 모형에 대한 정남향에서의 경사각도별에 따른 일사량 변화도

〈표 7〉 경사각도별 일사량 변화에 따른 모형별 상수 값 (정남향 기준)

모형 상수	모형 1	모형 2	모형 3	모형 4
A	3263.99892	6461.75974	4524.66126	780.19697
B1	67.97621	19.35687	57.20328	3.49162
B2	0.03316	0.88002	0.17541	0.00328
B3	-0.01960	-0.05975	-0.02804	-3.50168E-4
B4	1.40554E-4	6.87692E-4	2.31987E-4	-3.01534E-5
B5	-7.13306E-8	-2.42524E-6	-3.56653E-7	2.85322E-7
R	0.99964	0.99997	0.99988	0.99951

$$* Y = A + B1*X + B2*X^2 + B3*X^3 + B4*X^4 + B5*X^5$$

또한, 이들 모형을 [그림 19]와 [그림 20]를 토대로 태양에너지의 강도의 형태가 유사한 날들의 그룹별 모형을 다항회귀식으로 나타내면 〈표 7〉과 같다.

한편, 수직면의 경우는 〈표 6〉에서 나타난바와 같이 난방기간인 [모형 1]에서 정남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면에 비해 2배 정도 큰 것으로 나타났고, 북향 수직면에서 받는 일사량 보다는 무려 8배나 높게 나타났으며, [모형 2]에서는 정남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면에 비해 다소 적게 나타났으나, 북향 수직면에서 받는 일사량 보다는 2.6배 높게 나타났다. 또한 [모형 3]에서는 정남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면에 비해 다소 높은 경향을 보였으나, 북향 수직면에서 받는 일사량 보다는 무려 6배 정도나 높게 나타났으며, [모형 4]에서는 정남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면이나, 북향 수직면에서 받는 일사량 보다는 다소 높은 1.5-2.2배 정도인 것으로 나타났다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 하루중의 각 시간별로 서로 다른 경사각도별로 수광면에 입사하는 태양에너지의 강도를 실측을 통하여 정량적인 검토와 분석이 가능하도록 측정된 데이터를 기술자료화하였으며, 각각의 날별로 일사량 강도가 유사한 날들을 그룹화하기 하기 위하여 시간별 일사량 변화에 따른 다항회귀모형을 일별로 산출하고, 각 날별로 서로 비교하기 위해 일별로 산출된 다항회귀모형의 두 그래프사이의 면적을 계산하여 면적의 차가 거의 없는 날들을 일사량 강도가 유사한 날들로 그룹화하는 기법을 개발하여, 월별 또는 계절별로 이들 그룹을 모형별로 태양에너지 이용시스템의 효율을 최대화 할 수 있는 시스템 최적경사각도를 제시하여 태양에너지 이용시스템 설계자와 주택 및 건물 설계자, 그리고 관련 산업체 종사자들에게 최적시스템 설계기준을 마련하였다.

본 연구에서 수행된 결과를 살펴보면,

- 1) 태양에너지의 강도를 경사각도별로 측정할 수 있도록 측정장소의 선정과 측정센서(일사계)

의 설치대를 제작하여 설치하였다.

2) 각 측정센서로부터 장기간에 걸쳐 측정되는 방대한 양의 데이터를 측정하기 위하여 데이터를 전송매체인 기존 통신회선을 사용하여 통제소(key station)에서 수신할 수 있고 또한 시스템을 제어할 수 있는 형태로 결합시켜 유기적으로 작동하게 하는 컴퓨터 정보통신망을 구성하고, 또한 시스템 가동에 필요한 전력을 자체내에서 조달하고, 측정작업과 이에 따른 자체 데이터 저장처리 문제를 스스로 해결할 수 있도록 무인자동화 측정시스템을 구축하였다.

3) 자료처리를 위하여 각 날의 시간별로 경사각도에 따라 측정되는 일사량 데이터를 데이터베이스로 재처리해서 저장하고, 이를 지속적으로 보완할 수 있도록 각종 분석용 도구를 개발하였다.

4) 시간에 따른 경사각도별 일사량 데이터의 평균치와 표준편차를 일별로 산출하고, 이에 대한 상관관계 알고리즘을 월별로 따른 경사각도별로 제시하였다.

5) 각 날의 시간별에 따른 태양에너지 강도의 변화를 다항회귀모형에 의해 표현하는 알고리즘을 제시하였다.

6) 월별로 태양에너지의 강도의 형태가 서로 유사한 날들을 그룹화하기 위하여 각각의 날별로 다항회귀모형에 의하여 서로 작도된 두 그래프의 사이의 면적을 계산하여 비교하고, 면적의 차가 없는 날들을 피지관계에 의해 유사한 날의 그룹으로 분류하는 비교모델링 기법을 개발하였다.

7) 비교모델링 기법에 의하여 월별로 제시된 유사한 날들의 그룹별로 최대 태양에너지를 수열할 수 있는 최적 경사각도를 산출하여 다음과 같은 최적 태양에너지 이용시스템 설계기준을 제시하였다.

- 각 모형별 특성을 살펴보면, 대부분 [모형 1]은 10월상순부터 다음해 3월 하순에 걸쳐 나타났고, [모형 2]는 4월 상순부터 9월 상순까지 나타났으며, [모형 3]은 9월 중순부터 9월 하순에 걸쳐 나타났다. 반면에 [모형 4]은 9월을 제외한 전년에 걸쳐 고르게 분포되었다.

- 하루에 지표면에 입사하는 태양에너지를 모형별로 살펴보면, [모형 1]이 하루에 3,263 Wh/m<sup>2</sup> 정도의 태양에너지가 지표면에 입사하는 것으로 나타났으며, [모형 2]는 6,461 Wh/m<sup>2</sup>, [모형 3]은 4,524 Wh/m<sup>2</sup>, 그리고 [모형 4]는 하루에 780 Wh/m<sup>2</sup> 정도의 태양에너지가 지표면에 입사하는 것으로 나타났다.

- 태양열 및 태양광 시스템 설치와 설계를 위한 각 모형별로 최적경사각은 [모형 1]인 경우, 지표면에 대한 경사각도가 45° 부근인 집열면에서, [모형 2]는 경사각도 20° 부근에서, [모형 3]은 37° 부근에서, [모형 4]는 경사각도 30° 부근에서 최대의 일사량을 받는 것으로 나타났다.

- 또한, 주택 및 건물 설계를 위한 수직면의 경우는 난방기간인 [모형 1]과 [모형 3]에서 정남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면에 비해 2배 정도 큰 것으로 나타났고, 북향 수직면에서 받는 일사량 보다는 무려 6-8배나 높게 나타났으며, [모형 2]에서는 정남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면에 비해서는 다소 적게는 나타났으나, 북향 수직면에서 받는 일사량 보다는 2.6배 높게 나타났다. [모형 4]에서는 정남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면이나, 북향 수직면에서 받는 일사량 보다는 다소 높은 1.5 -2.2배 정도인 것으로 나타났다.

그러나, 현재까지의 결과만을 가지고 우리나라 전지역에 대한 정확한 최적 경사각도의 산출은 아직 어려운 실정이다. 이에 따라 여러 지역에 대한 장기적인 태양에너지 강도 측정뿐만 아니라

운량이나 대기오염도에 따른 일사량의 변동형태 등 각종 기후조건과의 연관성을 규명하여 우리나라 전지역에 적합한 최적경사각 산출을 위한 모형을 유추해 나아갈 계획이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Montgomery, Douglas C., Design and Analysis of Experiments (Third Edition), John Wiley & Sons, Inc., 1981.
- [2] Klir, George J., Fuzzy Sets-Uncertainty and Information, Prentice-Hall International, Inc., 1988.
- [3] Rao, Valluru B., and Rao, Hayagriva V., C++ Neural Networks and Fuzzy Logic, Subsidiary of Henry Holt and Company, Inc., 1993.
- [4] Davis, Goron B., and Olson, Margrethe H., Management Information Systems -Conceptual Foundations, Structure, and Development (Second Edition), McGRAW-HILL Book Company, 1985.
- [5] Alter, Steven L., Decision Support Systems-Current Practice and Contiuing Challenges, Addison-Wesley Publishing Company, 1980.
- [6] Duffie, John A., and Beckman, William A., Solar Enginerring of Thermal Process (Second Edition), John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [7] Garg, H. P., Treatise on Solar Energy, John Wiley & Sons, 1982.
- [8] Anderson, Edward E., Fundamentals of Solar Energy Conversion, Addison-Wesley Publishing Company, 1983.
- [9] Kerith, Frank, and Kreider Jan F., Principles of Solar Engineering, McGRAW-HILL Book Company, 1978.
- [10] Kambezidis, H. D., Psiloglou, B. E., and Gueymard c., Measurements and Models Total Solar Irradiance on Inclined Surface In Athens, Greece, Solar Energy, Vol. 53, No. 2, pp. 177-185, 1994.
- [11] Feuermann, D., and Zemel A., Validation of Modals For Global Irradiance, on Inclined Planes, Solar Energy , Vol. 48, No. 1, pp. 59-66, 1992.
- [12] Revfeim, K. J. A., Simplified Relationships for estimating Solar Radiation Incident on Any Flat Surface, Solar Energy, Vol. 28, No. 6, pp. 509-517, 1982.
- [13] Klucher, T. M., Evaluation of Models to Predict Insolation on Tilted Surface, Solar Energy, Vol. 23, pp. 111-114, 1992.
- [14] Dickinson, William C., and Chermisinoff, Paul N., Solar Energy Technology Handbook, Dekker, Inc., 1982.
- [15] Wise, J. L., Analysis of Solar Radiation Measurements on An Inclined Surface in Anchorage Alaska, AEIDC Publication, 1980.