



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월08일  
(11) 등록번호 10-2132096  
(24) 등록일자 2020년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/06 (2012.01) G01P 3/62 (2006.01)  
G06F 17/10 (2006.01) G06Q 10/04 (2012.01)  
G06Q 10/06 (2012.01) G06Q 50/08 (2012.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 50/06 (2013.01)  
G01P 3/62 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0170226

(22) 출원일자 2018년12월27일

심사청구일자 2018년12월27일

(65) 공개번호 10-2020-0080607

(43) 공개일자 2020년07월07일

(56) 선행기술조사문헌

JP2007018130 A\*

KR101269587 B1\*

KR1020130123497 A\*

A Study on K-Means Clustering(The Korean Communications in Statistics Vol.12 No. 2, pp. 497-508, 2005.12.) 1부.\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

홍태훈

서울시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관 A409

이민현

서울시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관 A473

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김인철

전체 청구항 수 : 총 23 항

심사관 : 변성철

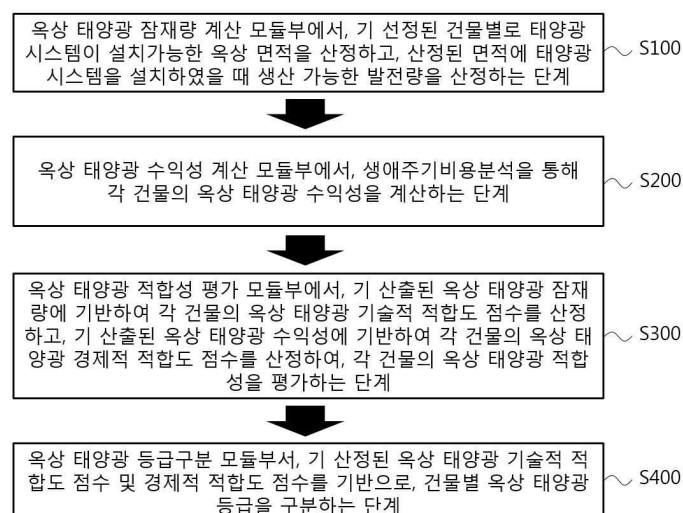
(54) 발명의 명칭 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명에 따른 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법은 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부(100)에서, 기 선정된 건물별로 태양광 시스템이 설치가능한 옥상 면적을 산정하고, 산정된 면적에 태양광 시스템을 설치하였을 때 생산 가능한 발전량을 산정하는 S100 단계; 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부(200)

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



에서, 생애주기비용분석을 통해 각 건물의 옥상 태양광 수익성을 계산하는 S200 단계; 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300)에서, S100 단계에서 산출된 옥상 태양광 잠재량에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 산정하고, S200 단계에서 산출된 옥상 태양광 수익성에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 산정하여, 각 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가하는 S300 단계; 및 옥상 태양광 등급분류 모듈부(400)에서, S300 단계에서 산정된 옥상 태양광 기술적 적합도 점수 및 경제적 적합도 점수를 기반으로, 건물별 옥상 태양광 등급을 분류하는 S400 단계를 포함한다.

(52) CPC특허분류

**G06F 17/10** (2013.01)

**G06Q 10/04** (2013.01)

**G06Q 10/063** (2013.01)

**G06Q 50/08** (2013.01)

(72) 발명자

**공민진**

서울시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관  
A472

**정광복**

서울시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관  
A473

**김지민**

서울시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관  
A473

**강현아**

서울시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관  
A472

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711074917

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(과기정통부)

연구과제명 유기체적 도시기반 탄소통합형 건설관리시스템 개발 (CIMSCITY 2.0)

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교

연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28

공지예외적용 : 있음

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부(100)에서, 기 선정된 건물별로 태양광 시스템이 설치가능한 옥상 면적을 산정하고, 산정된 면적에 태양광 시스템을 설치하였을 때 생산 가능한 발전량을 산정하는 S100 단계; 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부(200)에서, 생애주기비용분석을 통해 각 건물의 옥상 태양광 수익성을 계산하는 S200 단계; 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300)에서, S100 단계에서 산출된 옥상 태양광 잠재량에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 산정하고, S200 단계에서 산출된 옥상 태양광 수익성에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 산정하여, 각 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가하는 S300 단계; 및 옥상 태양광 등급분류 모듈부(400)에서, S300 단계에서 산정된 옥상 태양광 기술적 적합도 점수 및 경제적 적합도 점수를 기반으로, 건물별 옥상 태양광 등급을 분류하는 S400 단계를 포함하며,

S300 단계에서는 다음 수학적식을 이용하여 상기 기술적 적합도 점수를 산정하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

[수학적식 9]

$$Technical\ RSPS\ score_{GB} = \frac{RSPP_{GB} - RSPP_{min}}{RSPP_{max} - RSPP_{min}} \times 100$$

(여기서,  $Technical\ RSPS\ score_{GB}$  (0 - 100)는 주어진 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 의미한다.  $RSPP_{GB}$  ( $kWh/m^2$ )는 주어진 건물의 단위 면적당 연간 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.  $RSPP_{min}$  은 대상 지역의 단위 면적당 최소 연간 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.  $RSPP_{max}$  은 대상 지역의 단위 면적당 최대 연간 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.)

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

S100 단계에서 태양광 시스템 설치가 가능한 옥상 면적은 일 건물 전체의 옥상 면적에서 인접 건물로 인한 음영 면적을 제외하고 구하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 인접 건물로 인한 음영 면적은 음영기복도 분석(Hillshade analysis)으로 산출하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

S100 단계에서 산정되는 발전량은 일 건물의 단위 면적당 옥상 태양광 잠재량인 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서,

일 건물의 단위 면적당 옥상 태양광 잠재량은 일 건물의 단위 면적당 연간 옥상 태양광 잠재량( $RSPP_{GB}$ )을 총 옥상 면적을 통해 정규화하여 산정하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양

광 등급분류 방법.

#### 청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 단위 면적당 옥상 태양광 잠재량( $RSPP_{GB}$ )은 다음 수학적식 1,2를 통해 산정되는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

[수학적식 1]

$$RSPP_{GB_i} = \frac{\sum_{j=6}^{18} \left( ARA_{GB_{ij}} \times \sum_{k=1}^n SR \right) \times e_{PV}}{TRA_{GB}}$$

[수학적식 2]

$$RSPP_{GB} = \sum_{i=1}^{12} (RSPP_{GB_i})$$

(여기서,  $RSPP_{GB}$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ )는 주어진 건물의 단위 면적당 연간 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.  $RSPP_{GB_i}$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ )는 주어진 건물의 단위 면적당 'i' 월의 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.  $ARA_{GB_{ij}}$  ( $\text{m}^2$ )는 주어진 건물에서 'i' 월 15일의 'j' 시에서 'j+1' 시까지의 태양광 시스템 설치 가능 옥상 면적을 의미한다.  $SR_{ijk}$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ )은 'i' 월 'k' 일의 'j' 시에서 'j+1' 시까지의 일사량을 의미한다.  $e_{PV}$ 는 태양광 모듈 효율을 의미한다.  $TRA_{GB}$  ( $\text{m}^2$ )는 주어진 건물의 총 옥상 면적을 의미한다.  $i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, 12$ )는 월(月)을 의미한다.  $j$  ( $j=6, 7, 8, \dots, 18$ )는 시(時)를 의미한다.  $k$  ( $k=1, 2, 3, \dots, 31$ )는 일(日)을 의미한다.  $n$ 은 'i' 월의 총 일 수를 의미한다.)

#### 청구항 7

청구항 1에 있어서,

S200 단계의 생애주기비용분석의 분류 항목은 분석 방법, 분석 기간, 분석 시점, 실질할인율, 물가상승률, 비용 항목, 수익 항목 및 시스템 저하율을 포함하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

#### 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 비용항목은 설치비와 유지관리비로 분류되며,

상기 설치비는 주거용, 상업용, 교육용 및 공공용으로 분류되는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

#### 청구항 9

청구항 7에 있어서,

상기 수익항목은 자가소비용과 발전사업용으로 분류되는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

#### 청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 자가소비용은 전기요금과 보조금으로 분류되며,

상기 전기요금은 주거용, 상업용, 교육용 및 공공용으로 분류되며,

상기 보조금은 주택보조금, 건물보조금 및 지역보조금으로 분류되는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

#### 청구항 11

청구항 7에 있어서,

각 건물의 옥상 태양광 수익성은 투자수익률(ROI) 및 회수기간(PP)으로 나타나며,

각 건물의 옥상 태양광 시스템 용량당 투자수익률과 회수기간은 다음 수학적식들로 산출되는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

[수학적식 4]

$$ROI_{GB} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

[수학적식 5]

$$PP_{GB} = T, \text{ when } \sum_{t=1}^T \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} = 0$$

[수학적식 6]

$$B_t = S_t + \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{EG_{GBi}}{(1+d)^t} \times EP_i \right) + \sum_{i=1}^{12} (N_{REC_i} \times REC_i \times w_{REC}) + \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{EG_{GBi}}{(1+d)^t} \right) \times SeoulFIT_t$$

[수학적식 7]

$$C_t = IC_t + OMC_t$$

[수학적식 8]

$$EG_{GBi} = RSPP_{GBi} \times MSA \times PR$$

(여기서,  $ROI_{GB}$  는 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템 용량(kW)당 예상 투자수익률을 의미한다.  $PP_{GB}$  는 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템 용량 당 예상 회수기간을 의미한다.  $B_t$  는 't' 년도에서의 용량 당 발전량으로 인한 수익을 의미한다.  $C_t$  는 't' 년도에서의 용량 당 발전량으로 인한 비용을 의미한다.  $r$  은 실질할인율을 의미한다.  $n$  은 분석 기간을 의미한다.  $S_t$  는 't' 년도에서의 용량 당 정부 보조금 금액을 의미한다.  $EG_{GBi}$  는 'i' 월에서 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템 용량 당 예상 발전량을 의미한다.  $d$  은 옥상 태양광 시스템 저하율을 의미한다.  $EP_i$  는 't' 년도의 kWh 당 전기 요금을 의미한다.  $N_{REC_i}$  은 'i' 월에 발급받은 REC 갯수를 의미한다.  $REC_i$  는 't' 년도에서의 REC 가격을 의미한다.  $w_{REC}$  는 REC 가중치를 의미한다.  $SeoulFIT_t$  은 't' 년도에서의 서울형 발전차액보조금을 의미한다.  $IC_t$  는 't' 년도에서의 옥상 태양광 시스템 설치비를 의미한다.  $OMC_t$  는 't' 년도에서의 유지관리비를 의미한다.  $RSPP_{GBi}$  (kWh/m<sup>2</sup>)는 주어진 건물의 단위 면적당 'i' 월의 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.  $MSA$  (m<sup>2</sup>/kW)는 옥상 태양광 시스템 용량 당 필요한 모듈 면적을 의미한다.  $PR$  은 성능 비율(performance ratio)을 의미한다.)

## 청구항 12

삭제

## 청구항 13

청구항 1에 있어서,

S300 단계에서는 다음 수학적식들을 이용하여 상기 경제적 적합도 점수를 산정하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

[수학적식 10]

$$Economic\ RSPS\ score_{GB}\ for\ ROI = \frac{ROI_{GB} - ROI_{min}}{ROI_{max} - ROI_{min}} \times 100$$

[수학적식 11]

$$Economic\ RSPS\ score_{GB}\ for\ PP = \frac{PP_{max} - PP_{GB}}{PP_{max} - PP_{min}} \times 100$$

(여기서,  $Economic\ RSPS\ score_{GB}$  (0 - 100)는 주어진 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 의미한다.  $ROI_{GB}$ 은 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템에 대한 예상 투자수익률을 의미한다.  $ROI_{max}$ 은 대상 지역에서 달성 가능한 건물 옥상 태양광 시스템의 최대 투자수익률을 의미한다.  $ROI_{min}$ 은 대상 지역에서 달성 가능한 건물 옥상 태양광 시스템의 최소 투자수익률을 의미한다.  $PP_{GB}$  (년)는 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템에 대한 예상 회수기간을 의미한다.  $PP_{max}$ 는 대상 지역에서 경제성을 확보할 수 있는 건물 옥상 태양광 시스템의 최장 회수기간을 의미한다.  $PP_{min}$ 는 대상 지역에서 달성 가능한 건물 옥상 태양광 시스템의 최단 회수기간을 의미한다.)

## 청구항 14

청구항 1에 있어서,

S400 단계는 계층적 군집 분석 및 k-평균 알고리즘을 활용하여 각 건물의 옥상 태양광 등급을 분류하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

## 청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 계층적 군집분석은

다음 수학적식에 따라 유클리드 거리(Euclidean distance)를 활용하여 관측치 사이의 유사도를 측정하며,

[수학적식 12]

$$Ed_{x,y} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

다음 수학적식에 따라 오차 제곱합(SSE; Sum of Squared Error)의 증가를 최소화하는 방향으로 군집을 병합하고 연결하는 와드 연결법(Ward's method)을 활용하여 군집을 계층적으로 형성하는 것을

[수학적식 13]

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{X \in c_i} Ed_{X,c_i}^2$$

특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

(여기서,  $Ed_{x,y}$  는 관측치  $x$ 와  $y$  사이의 유클리드 거리를 의미한다.  $SSE$  는 오차 제곱합을 의미한다.  $k$  는 군집 (등급) 개수를 의미한다.  $X$  는 관측치의 집합을 의미한다.  $c_i$  는 각 군집의 중심이다.)

#### 청구항 16

청구항 15에 있어서,

계층적 군집 분석 결과를 기반으로 등급 개수를 결정하기 위하여,

$k$ -값을 점점 증가시킬 때, 오차 제곱합이 갑자기 급격하게 감소하는 지점의  $k$ -값이 등급의 최적 개수로 결정되는 엘보우 메소드(Elbow method)가 적용되는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

#### 청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 엘보우 메소드에 의해 결정된 등급개수를 기반으로,

$k$ -평균 알고리즘을 활용하여 옥상 태양광 등급 시스템의 등급 간격을 결정하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

#### 청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기  $k$ -평균 알고리즘에 사용된 군집 내 제곱합(within-cluster sum of squares)은 다음 수학식을 통해 산출되는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법.

[수학식 14]

$$WCSS = \arg \min_s \sum_{i=1}^k \sum_{X \in s_i} Ed_{X, \mu_i}^2$$

( $WCSS$  는 군집 내 제곱 합을 의미한다.  $k$  는 군집(등급) 개수를 의미한다.  $X$  는 관측치의 집합을 의미한다.  $s_i$  는 ' $i$ ' 군집을 의미한다.  $Ed_{x, \mu_i}$  는  $X$  와  $\mu_i$  간의 유클리드 거리를 의미한다.  $\mu_i$  는 각 군집의 중심(평균)을 의미한다.)

#### 청구항 19

기 선정된 건물별로 태양광 시스템이 설치가능한 옥상 면적을 산정하고, 산정된 면적에 태양광 시스템을 설치하였을 때 생산 가능한 발전량을 산정하는 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부(100); 생애주기비용분석을 통해 각 건물의 옥상 태양광 수익성을 계산하는 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부(200); 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부(100)에서 산출된 옥상 태양광 잠재량에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 산정하고, 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부(200)에서 산출된 옥상 태양광 수익성에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 산정하여, 각 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가하는 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300); 및 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300)에서 산정된 옥상 태양광 기술적 적합도 점수 및 경제적 적합도 점수를 기반으로, 건물별 옥상 태양광 등급을 분류하는 옥상 태양광 등급분류 모듈부(400)를 포함하며,

상기 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300)는 다음 수학식을 이용하여 상기 기술적 적합도 점수를 산정하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 시스템.

[수학식 9]

$$Technical\ RSPS\ score_{GB} = \frac{RSPP_{GB} - RSPP_{\min}}{RSPP_{\max} - RSPP_{\min}} \times 100$$

(여기서,  $Technical\ RSPS\ score_{GB}$  (0 - 100)는 주어진 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 의미한다.

$RSPP_{GB}$  ( $kWh/m^2$ )는 주어진 건물의 단위 면적당 연간 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.  $RSPP_{min}$  은 대상 지역의 단위 면적당 최소 연간 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.  $RSPP_{max}$  은 대상 지역의 단위 면적당 최대 연간 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.)

#### 청구항 20

청구항 19에 있어서,

상기 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부(100)에서 태양광 시스템 설치가 가능한 옥상 면적은 일 건물 전체의 옥상 면적에서 인접 건물로 인한 음영 면적을 제외하고 구하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 시스템.

#### 청구항 21

청구항 19에 있어서,

상기 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부(200)의 생애주기비용분석의 분류 항목은 분석 방법, 분석 기간, 분석 시점, 실질할인율, 물가상승률, 비용항목, 수익 항목 및 시스템 저하율을 포함하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 시스템.

#### 청구항 22

삭제

#### 청구항 23

청구항 19에 있어서,

상기 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300)는 다음 수학적식들을 이용하여 상기 경제적 적합도 점수를 산정하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 시스템.

[수학적식 10]

$$Economic\ RSPS\ score_{GB}\ for\ ROI = \frac{ROI_{GB} - ROI_{min}}{ROI_{max} - ROI_{min}} \times 100$$

[수학적식 11]

$$Economic\ RSPS\ score_{GB}\ for\ PP = \frac{PP_{max} - PP_{GB}}{PP_{max} - PP_{min}} \times 100$$

(여기서,  $Economic\ RSPS\ score_{GB}$  (0 - 100)는 주어진 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 의미한다.  $ROI_{GB}$  은 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템에 대한 예상 투자수익률을 의미한다.  $ROI_{max}$  은 대상 지역에서 달성 가능한 건물 옥상 태양광 시스템의 최대 투자수익률을 의미한다.  $ROI_{min}$  은 대상 지역에서 달성 가능한 건물 옥상 태양광 시스템의 최소 투자수익률을 의미한다.  $PP_{GB}$  (년)는 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템에 대한 예상 회수기간을 의미한다.  $PP_{max}$  는 대상 지역에서 경제성을 확보할 수 있는 건물 옥상 태양광 시스템의 최장 회수기간을 의미한다.  $PP_{min}$  는 대상 지역에서 달성 가능한 건물 옥상 태양광 시스템의 최단 회수기간을 의미한다.)

#### 청구항 24

청구항 19에 있어서,

상기 옥상 태양광 등급분류 모듈부(400)는 계층적 군집 분석 및 k-평균 알고리즘을 활용하여 각 건물의 옥상 태양광 등급을 분류하는 것을 특징으로 하는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 시스템.

#### 청구항 25

하드웨어와 결합되어, 청구항 1 내지 청구항 11 및 청구항 13 내지 청구항 18 중 어느 한 항에 따른 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 건물 옥상 태양광 등급분류 방법 및 시스템에 관한 것이다. 구체적으로는 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법 및 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근 에너지 패러다임 전환의 일환으로, 도시에서는 분산형 발전(distributed generation)의 보급을 확산시키려는 노력이 이루어지고 있다. 특히, 높은 건물이 밀집되어 있는 도심에서는, 사용하지 않는 건물 옥상에 태양광 시스템을 설치함으로써, 분산형 태양광 발전을 가능하게 한다.

[0003] 하지만, 인접 건물로부터 생기는 그림자 및 설치 가능 면적의 제한 등의 다양한 문제들로 인하여, 모든 건물에 옥상 태양광 시스템을 설치하는 것이 불가능할 뿐만 아니라, 건물에 따라 옥상 태양광 시스템 설치로 인한 효과가 달라진다. 따라서, 어떠한 건물에 옥상 태양광 시스템을 설치하는 것이 효과적이고 적합한지 평가하고 결정하는 것이 중요하다.

[0004] 건물의 옥상 태양광 적합성(rooftop solar PV suitability)을 평가하기 위하여, 옥상 태양광 잠재량(rooftop solar PV potential), 즉 건물 옥상에 태양광 시스템을 설치하였을 때 생산 가능한 발전량을 예측하고 파악하는 것이 필요하다. 기존에 옥상 태양광 잠재량을 예측하고 산출하는 방법들은 대부분 지리정보시스템(GIS; Geographic information system) 및 라이다(LiDAR; Light detection and ranging) 데이터를 사용하였다. 그러나 이러한 방법들은 대부분 특정 기준에 따라 옥상 태양광 적합성을 평가하지 않고, 단순히 한 지역의 옥상 태양광 잠재량을 예측하여 사용되었기 때문에, 어느 건물이 옥상 태양광 시스템을 설치하기에 적합한지 결정하는데 한계가 존재하였다.

[0005] 이러한 한계를 극복하고자, 옥상 태양광 잠재량, 즉 옥상 태양광 시스템의 기술적 성능을 바탕으로 개별 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가한 연구들이 존재하나, 그러한 시도들이 매우 적을 뿐만 아니라, 다음과 같이 두 가지 측면에서 한계가 존재한다.

[0006] 첫째, 건물의 옥상 태양광 적합성 평가에 있어, 합리적이고 과학적인 기준에 의거하여 건물을 분류하지 못하였다. 즉, 옥상 태양광 시스템의 기술적 성능을 기반으로 건물들을 균등하게 또는 임의의 기준에 따라 분류하여 옥상 태양광 적합성을 평가하는 문제점이 있었다.

[0007] 둘째, 건물의 옥상 태양광 적합성 평가에 있어, 옥상 태양광 시스템 설치에 따른 경제적 성능을 고려하지 못하였다. 비교적 높은 초기 설치비가 발생하여 그 운영 수익을 통하여 경제성을 확보하는 태양광 시스템의 특성상, 주로 옥상 태양광 시스템의 경제적 성능에 따라 설치에 대한 의사결정이 이루어지게 되기 때문에, 옥상 태양광 시스템의 기술적 측면(옥상 태양광 잠재량)과 경제적 측면(옥상 태양광 수익성)을 동시에 고려하여 옥상 태양광 적합성을 평가해야 하는데, 그렇게 평가하지 못한 문제점이 있었다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) (문헌 1) 대한민국 등록특허공보 제10-1797915호(2017.11.09)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명에 따른 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법 및 시스템은 다음과 같은 해결과제를 가진다.

- [0010] 첫째, 옥상 태양광 적합성을 평가에 있어서, 기술적 성능 뿐 아니라 경제적 성능도 동시에 평가하고자 한다.
- [0011] 둘째, 옥상 태양광 적합성을 평가하고 파악할 수 있도록, 옥상 태양광 등급 시스템을 새롭게 제시하고자 한다.
- [0012] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급한 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어질 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명은 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법으로서, 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부에서, 기 선정된 건물별로 태양광 시스템이 설치가능한 옥상 면적을 산정하고, 산정된 면적에 태양광 시스템을 설치하였을 때 생산 가능한 발전량을 산정하는 S100 단계; 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부에서, 생애주기비용분석을 통해 각 건물의 옥상 태양광 수익성을 계산하는 S200 단계; 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부에서, S100 단계에서 산출된 옥상 태양광 잠재량에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 산정하고, S200 단계에서 산출된 옥상 태양광 수익성에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 산정하여, 각 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가하는 S300 단계; 및 옥상 태양광 등급분류 모듈부에서, S300 단계에서 산정된 옥상 태양광 기술적 적합도 점수 및 경제적 적합도 점수를 기반으로, 건물별 옥상 태양광 등급을 분류하는 S400 단계를 포함한다.
- [0014] 본 발명에 따른 S100 단계에서 태양광 시스템 설치가 가능한 옥상 면적은 일 건물 전체의 옥상 면적에서 인접 건물로 인한 음영 면적을 제외하고 구할 수 있다.
- [0015] 본 발명에 따른 인접 건물로 인한 음영 면적은 음영기복도 분석(Hillshade analysis)으로 산출할 수 있다.
- [0016] 본 발명에 따른 S100 단계에서 산정되는 발전량은 일 건물의 단위 면적당 옥상 태양광 잠재량인 것이 바람직하다.
- [0017] 본 발명에 따른 일 건물의 단위 면적당 옥상 태양광 잠재량은 일 건물의 단위 면적당 연간 옥상 태양광 잠재량( $RSPP_{GB}$ )을 총 옥상 면적을 통해 정규화하여 산정할 수 있다.
- [0018] 본 발명에 따른 S200 단계의 생애주기비용분석의 분류 항목은 분석 방법, 분석 기간, 분석 시점, 실질할인율, 물가상승률, 비용항목, 수익 항목 및 시스템 저하율을 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명에 따른 비용항목은 설치비와 유지관리비로 분류되며, 상기 설치비는 주거용, 상업용, 교육용 및 공공용으로 분류할 수 있다.
- [0020] 본 발명에 따른 수익항목은 자가소비용과 발전사업용으로 분류할 수 있다.
- [0021] 본 발명에 따른 자가소비용은 전기요금과 보조금으로 분류되며, 상기 전기요금은 주거용, 상업용, 교육용 및 공공용으로 분류되며, 상기 보조금은 주택보조금, 건물보조금 및 지역보조금으로 분류할 수 있다.
- [0022] 본 발명에 따른 S400 단계는 계층적 군집 분석 및 k-평균 알고리즘을 활용하여 각 건물의 옥상 태양광 등급을 분류할 수 있다.
- [0023] 본 발명에 있어서, 계층적 군집 분석 결과를 기반으로 등급 개수를 결정하기 위하여, k-값을 점점 증가시킬 때, 오차 제곱합이 갑자기 급격하게 감소하는 지점의 k-값이 등급의 최적 개수로 결정되는 엘보우 메소드(Elbow method)가 적용될 수 있다.
- [0024] 본 발명에 있어서, 엘보우 메소드에 의해 결정된 등급개수를 기반으로, k-평균 알고리즘을 활용하여 옥상 태양광 등급 시스템의 등급 간격을 결정할 수 있다.
- [0025] 본 발명은 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 시스템으로서, 기 선정된 건물별로 태양광 시스템이 설치가능한 옥상 면적을 산정하고, 산정된 면적에 태양광 시스템을 설치하였을 때 생산 가능한 발전량을 산정하는 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부; 생애주기비용분석을 통해 각 건물의 옥상 태양광 수익성을 계산하는 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부; 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부에서 산출된 옥상 태양광 잠재량에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 산정하고, 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부에서 산출된 옥상 태양광 수익성에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 산정하여, 각 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가하는 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부; 및
- [0026] 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부에서 산정된 옥상 태양광 기술적 적합도 점수 및 경제적 적합도 점수를 기반으

로, 건물별 옥상 태양광 등급을 분류하는 옥상 태양광 등급분류 모듈부를 포함할 수 있다.

[0027] 본 발명은 컴퓨터 프로그램으로서, 하드웨어와 결합되어, 본 발명에 따른 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램인 것이 바람직하다.

### 발명의 효과

[0028] 본 발명에 따른 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법 및 시스템은 다음과 같은 효과를 가진다.

[0029] 첫째, 실제 건물의 특성을 고려하여, 분석 대상 지역의 건물들에 대한 옥상 태양광 잠재량 및 수익성을 계산하는 효과가 있다.

[0030] 둘째, 과거의 무작위적인 평가 기준 및 방법에서 벗어나, 계층적 군집 분석 및 k-평균 알고리즘과 같은 합리적인 과학적인 군집 분석 방법을 사용하여 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가하고, 이를 등급화하는 효과가 있다.

[0031] 셋째, 옥상 태양광 시스템 설치에 대한 기술적 적합성 기준인 옥상 태양광 잠재량 및 경제적 적합성 기준인 옥상 태양광 수익성을 모두 고려하여, 건물 옥상 태양광 적합성을 평가하는 효과가 있다.

[0032] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어 질 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 본 발명에 따른 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법의 순서도이다.

도 2는 본 발명에 따른 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 시스템의 개요도이다.

도 3은 실제 건물 데이터를 기반으로 계층적 군집 분석 및 엘보우 메소드를 활용하여, 옥상 태양광 등급 시스템에 대한 적절한 등급 개수를 결정한 결과이다.

도 4는 분류 방법에 따른 옥상 태양광 등급 시스템의 분석 결과이다.

도 5는 기술적 적합성 기준만을 고려한 등급시스템을 나타낸다.

도 6은 경제적 적합성 기준만을 고려한 등급시스템을 나타낸다.

도 7은 기술적 및 경제적 적합성 기준을 모두 고려한 등급시스템을 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하, 첨부한 도면을 참조하여, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 이해할 수 있는 바와 같이, 후술하는 실시예는 본 발명의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 형태로 변형될 수 있다. 가능한 한 동일하거나 유사한 부분은 도면에서 동일한 도면부호를 사용하여 나타낸다.

[0035] 본 명세서에서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지는 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다.

[0036] 본 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.

[0037] 본 명세서에서 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0039] 본 발명은 기술적 및 경제적 적합성을 기반으로 통계 분석 방법인 군집 분석을 활용한 건물 옥상 태양광 등급

시스템 개발 방법에 관한 것으로서, 이전 발명 또는 연구와 다음과 같은 측면에서 차별화 될 수 있다.

- [0040] 첫째, 본 발명은 상향식 접근법(bottom-up approach)을 기반으로, 실제 건물 특성을 고려하여 대상 지역의 각 건물에 대한 옥상 태양광 잠재량 및 수익성을 계산할 수 있다.
- [0041] 둘째, 본 발명은 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가하고, 이를 등급화하기 위하여, 합리적이고 과학적인 군집 분석 기법, 즉 계층적 군집 분석 및 k-평균 알고리즘을 사용하였다.
- [0042] 셋째, 본 발명은 옥상 태양광 시스템 설치에 대한 기술적 및 경제적 적합성 기준을 모두 고려하여, 건물 옥상 태양광 적합성을 평가하였다.
- [0044] 이하에서는 도면을 참고하여 본 발명을 설명하고자 한다.
- [0045] 도 1은 본 발명에 따른 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법의 순서도이다.
- [0046] 본 발명은 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 방법에 관한 것으로서, 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부(100)에서, 기 선정된 건물별로 태양광 시스템이 설치가능한 옥상 면적을 산정하고, 산정된 면적에 태양광 시스템을 설치하였을 때 생산 가능한 발전량을 산정하는 S100 단계; 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부(200)에서, 생애주기비용분석을 통해 각 건물의 옥상 태양광 수익성을 계산하는 S200 단계; 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300)에서, S100 단계에서 산출된 옥상 태양광 잠재량에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 산정하고, S200 단계에서 산출된 옥상 태양광 수익성에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 산정하여, 각 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가하는 S300 단계; 및 옥상 태양광 등급분류 모듈부(400)에서, S300 단계에서 산정된 옥상 태양광 기술적 적합도 점수 및 경제적 적합도 점수를 기반으로, 건물별 옥상 태양광 등급을 분류하는 S400 단계를 포함한다.
- [0048] 본 발명에 따른 S100 단계의 경우, 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부(100)에서, 기 선정된 건물별로 태양광 시스템이 설치가능한 옥상 면적을 산정하고, 산정된 면적에 태양광 시스템을 설치하였을 때 생산 가능한 발전량을 산정할 수 있다.
- [0050] 본 발명에 따른 S100 단계의 경우, 옥상 태양광 시스템의 기술적 성능을 적합성 기준 중 하나로 고려하기 위하여, 대상 지역의 각 건물에 대한 옥상 태양광 잠재량을 계산할 수 있다.
- [0051] S100 단계에서 태양광 시스템 설치가 가능한 옥상 면적은 일 건물 전체의 옥상 면적에서 인접 건물로 인한 음영 면적을 제외하고 구할 수 있다.
- [0052] S100 단계에서, 인접 건물로 인한 음영 면적은 음영기복도 분석(Hillshade analysis)으로 산출할 수 있다.
- [0054] 음영기복도 분석은 다음과 같은 데이터를 기반으로 Environmental Systems Research Institute(ESRI)에서 개발한 지리정보시스템 소프트웨어인 ArcMap을 사용하여 진행될 수 있다.
- [0055] (1) 국토교통부 산하 공간정보산업진흥원에서 제공하는 건물 shp. 데이터(건물 높이를 기반으로 래스터 데이터로 변환 후 사용해야 함);
- [0056] (2) 한국천문연구원에서 제공하는 태양 위치 데이터(고도 및 방위각). 이와 같은 입력 데이터들을 바탕으로, 연간 태양의 위치에 따라 한 시간 단위로 음영기복도 분석 시뮬레이션을 수행하여 시간별 음영 면적을 산정할 수 있다.
- [0057] 본 발명에서는 1월부터 12월까지 매달 15일, 즉 총 12일 동안 오전 6시부터 오후 7시까지 시간별로 시뮬레이션을 수행하였다.
- [0059] 본 발명에서는 각 건물 옥상에 설치 가능한 태양광 시스템으로부터 생산할 수 있는 발전량, 즉 건물에 따른 옥상 태양광 잠재량을 산정할 수 있다.
- [0060] S100 단계에서 산정되는 발전량은 일 건물의 단위 면적당 옥상 태양광 잠재량인 것이 바람직하다.
- [0062] 본 발명에 있어서, 일 건물의 단위 면적당 옥상 태양광 잠재량은 일 건물의 단위 면적당 연간 옥상 태양광 잠재량( $RSPP_{\text{GB}}$ )을 총 옥상 면적을 통해 정규화하여 산정할 수 있다.
- [0064] 건물별 옥상 태양광 잠재량은 태양광 시스템 설치 가능 옥상 면적, 시간당 일사량, 태양광 모듈 효율 등과 같은 다양한 요인들을 기반으로, 수학적 1 및 수학적 2를 활용하여 계산이 가능하다.

[0066] 다양한 요인들에 대한 데이터는 다음과 같이 수집할 수 있다:

[0067] (1) 옥상 태양광 잠재량을 시간별로 계산하기 위한 시간당 일사량 데이터는 World Meteorological Organization 후원 하의 World Radiation Data Centre에서 지역별로 수집할 수 있다(한국의 경우, 서울 시간당 일사량 데이터 제공).

[0068] (2) 태양광 모듈 효율은 현재의 태양광 산업의 기술 수준을 반영하도록, 상용화된 태양광 모듈의 효율에 대한 시장조사를 통하여 수집할 수 있다(상용화된 태양광 모듈의 효율은 대부분 15에서 18% 수준으로, 본 발명에서는 16%로 가정).

### 수학식 1

$$[0070] \quad RSPP_{GB_i} = \frac{\sum_{j=6}^{18} \left( ARA_{GBij} \times \sum_{k=1}^n SR \right) \times \epsilon_{PV}}{TRA_{GB}}$$

### 수학식 2

$$[0072] \quad RSPP_{GB} = \sum_{i=1}^{12} (RSPP_{GB_i})$$

[0073] 여기서,  $RSPP_{GB}$  ( $\text{kWh/m}^2$ )는 주어진 건물의 단위 면적당 연간 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.

[0074]  $RSPP_{GB_i}$  ( $\text{kWh/m}^2$ )는 주어진 건물의 단위 면적당 'i' 월의 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.

[0075]  $ARA_{GBij}$  ( $\text{m}^2$ )는 주어진 건물에서 'i' 월 15일의 'j' 시에서 'j+1' 시까지의 태양광 시스템 설치 가능 옥상 면적을 의미한다.

[0076]  $SR_{ijk}$  ( $\text{kWh/m}^2$ )은 'i' 월 'k' 일의 'j' 시에서 'j+1' 시까지의 일사량을 의미한다.

[0077]  $\epsilon_{PV}$ 는 태양광 모듈 효율을 의미한다.

[0078]  $TRA_{GB}$  ( $\text{m}^2$ )는 주어진 건물의 총 옥상 면적을 의미한다.

[0079] i (i =1, 2, 3, ..., 12)는 월(月)을 의미한다.

[0080] j (j =6, 7, 8, ..., 18)는 시(時)를 의미한다.

[0081] k (k =1, 2, 3, ..., 31)는 일(日)을 의미한다.

[0082] n은 'i' 월의 총 일 수를 의미한다.

[0084] 수학식 1 및 수학식 2에서 보는 것과 같이, 'i' 월의 특정 시간 구간에서의 주어진 건물의 옥상 태양광 잠재량은 (1) 전체 월 중 특정 시간 구간에서의 총 일사량; (2) 'i' 월 중 특정 시간 구간에서의 태양광 시스템 설치 가능 옥상 면적; (3) 태양광 모듈 효율을 곱하여 계산할 수 있다.

[0085] 해당 과정을 연간 모든 달 및 모든 시간 구간에 대하여 반복 계산한 뒤 이를 합하면, 주어진 건물의 연간 총 옥상 태양광 잠재량을 계산할 수 있다.

[0086] 최종적으로, 주어진 건물의 총 연간 옥상 태양광 잠재량은 총 옥상 면적을 통해 정규화하면, 단위 면적당 옥상 태양광 잠재량을 계산할 수 있다. 각 건물에 대하여 계산된 옥상 태양광 잠재량은 옥상 태양광 시스템의 기술적 성능을 대표하는 적합성 기준으로 사용된다.

- [0088] 본 발명에 따른 S200 단계의 경우, 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부(200)에서, 생애주기비용분석을 통해 각 건물의 옥상 태양광 수익성을 계산할 수 있다.
- [0089] S200 단계의 생애주기비용분석의 분류 항목은 분석 방법, 분석 기간, 분석 시점, 실질할인율, 물가상승률, 비용 항목, 수익 항목 및 시스템 저하율(system degradation rate)을 포함할 수 있다.
- [0091] 각 건물의 옥상 태양광 수익성은 일 실시예로서, 다음과 같은 가정에 따라, 생애주기비용분석을 통하여 계산할 수 있다.
- [0092] 표 1은 일 실시예로서의 가정 사항들을 정리한 표이다.

표 1

분류				상세	비고	
분석 방법				현재가치법	-	
분석 기간				25년	-	
분석 시점				2016	-	
실질할인율	물가상승률			0.95%	-	
	전기 요금			1.35%	-	
	REC 가격			4.44%	-	
비용 및 수익 항목	비용	설치비 (₩/kW)	주거용	₩1,500,000	산업 평균	
			상업용	₩2,000,000		
			교육용	₩2,000,000		
			공공용	₩2,000,000		
		유지관리비		설치비의 1%	매년	
	수익	자가 소비용	전기 요금 (₩/kWh)	주거용	₩148	월평균
				상업용	₩131	
				교육용	₩120	
				공공용	₩131	
			보조금 (₩/kW)	주택 보조금 (주거용)	₩670,000	가구당 3 kW
					₩800,000	가구당 30 kW
				건물 보조금 (상업용) /(교육용)	₩1,090,000	50 kW
					지역 보조금 (공공용)	설치비의 50%
		발전 사업용	계통한계가격 (₩/kWh)		₩77	월가중 평균
			REC 가격 (₩/MWh)		₩136,191	월평균
			서울 발전차액보조금 (₩/kWh)		₩100	-
시스템 저하율				0.80%	매년 (20년간)	

- [0093]
- [0095] 위 표 1에 분류된 바와 같이, 상기 비용항목은 설치비와 유지관리비로 분류되며, 상기 설치비는 주거용, 상업용, 교육용 및 공공용으로 분류되는 것이 바람직하다.
- [0096] 상기 수익항목은 자가소비용과 발전사업용으로 분류되는 것이 바람직하다.
- [0097] 상기 자가소비용은 전기요금과 보조금으로 분류되며, 상기 전기요금은 주거용, 상업용, 교육용 및 공공용으로 분류되며, 상기 보조금은 주택보조금, 건물보조금 및 지역보조금으로 분류되는 것이 바람직하다.
- [0099] 표 1의 각 항목 별로 설명하면 다음과 같다.

[0100] 분석 방법으로는 현금흐름할인법(discounted cash flow) 기반의 현재가치법(present worth method)을 사용하였다. 분석 기간은 태양광 패널의 내용 연한 및 보증 기간을 기반으로 25년으로 가정하였다. 분석 시점은 현재 태양광 산업의 기술 수준 및 현황을 반영하기 위하여, 태양광 시스템의 가장 최근 데이터인 2016년 데이터를 사용하였다.

[0102] 실질할인율은 수학적 식 3을 사용하여 계산할 수 있다. 명목할인율은 2007-2016년까지 한국은행 경제통계시스템의 기준 금리를 기반으로 산정하였다. 물가상승률은 2007-2016년까지 한국은행 경제통계시스템의 물가 상승률을 기반으로 산정하였다. 전기요금인상률은 2007-2016년까지 전력 빅데이터 센터와 전력통계정보시스템의 전력 소매가 및 계통한계가격(SMP; system marginal price)을 기반으로 산정하였다. 신재생에너지 공급인증서(REC; renewable energy certificate) 가격인상률은 2012-2016년까지 신재생에너지 공급인증서 거래시스템의 REC 가격을 기반으로 산정하였다.

### 수학적 식 3

$$i = \frac{(1 + i_n)}{(1 + f)} - 1$$

[0105] 여기서,  $i$  는 실질 할인율을 의미한다.  $f$  는 물가 상승률, 전기요금 인상률 혹은 REC 가격 인상률 중 하나를 의미한다. 마지막으로  $i_n$  은 명목 할인율을 의미한다.

[0106] 비용 항목은 태양광 시스템 설치비, 유지관리비, 옥상 임대비를 포함한다. 태양광 시스템 설치비는 최신 산업 동향을 기준으로 2016년 기준, 주거용 건물 ₩1,500,000/kW, 그 외 건물 ₩2,000,000/kW로 가정하였다. 유지관리비는 태양광 시스템 설치비의 1%로 가정하였다.

[0108] 한편, 수익 항목은 옥상 태양광 시스템 설치 목적에 따라 달라지며, 그 목적은 크게 두 가지로 나뉜다. 자가 소비용으로 옥상 태양광 시스템을 설치하는 경우, 전기 요금 절약 및 정부 보조금 수령으로 인한 수익을 기대할 수 있다. 전기 요금 절약으로 인한 수익은 전력 빅데이터 센터에서 제공하는 대상 지역의 월 평균 전기 요금을 기준으로 건물 유형에 따라 결정될 수 있다.

[0109] 정부 보조금 금액은 일 예로 한국에너지공단 신재생에너지센터에서 제공하고 있으며, 건물 유형과 시스템 용량에 따라 달라진다. 발전 사업용으로 옥상 태양광 시스템을 설치하는 경우, 전력 및 REC 판매, 서울형 발전차액 보조금 수령으로 인한 수익을 기대할 수 있다.

[0110] 옥상 태양광 시스템에서 생산된 전기는 계통한계가격으로 한전에 판매될 수 있다. 계통한계가격은 전력통계정보 시스템에서 제공하는 대상 지역의 월 가중평균가격을 기준으로 결정될 수 있다. 옥상 태양광 시스템에서 생산된 전기로 인한 REC는 REC 현물 시장에서 REC 거래 금액에 팔 수 있다. REC 가격은 신재생에너지 공급인증서 거래 시스템의 월 평균 REC 가격을 기준으로 결정될 수 있다.

[0112] 시스템 저하율의 경우, 태양광 시스템의 기술적 성능은 기존 연구 및 실제 태양광 패널 데이터를 기반으로 내용 연한(25년) 동안 20%까지 저하된다고 가정하였다.

[0113] 이렇게 정의된 가정 사항을 기반으로, 생애주기비용분석을 활용하여 각 건물의 옥상 태양광 수익성을 계산할 수 있다.

[0115] 본 발명에 있어서, 각 건물의 옥상 태양광 수익성은 투자수익률(ROI) 및 회수기간(PP)으로 나타낼 수 있다.

[0116] 본 발명에서는 수학적 식 4 내지 수학적 식 8을 사용하여, 대상 지역의 각 건물별 옥상 태양광 시스템 용량 당 투자수익률과 회수기간을 계산할 수 있다. 옥상 태양광 시스템은 자가 소비용 및 발전 사업용으로 설치될 수 있기 때문에, 수익 항목은 수학적 식 6을 활용하여 목적에 따라 다르게 계산할 수 있으며, 비용 항목은 수학적 식 7을 활용하여 동일하게 계산할 수 있다.

수학식 4

$$ROI_{GB} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

[0117]

수학식 5

$$PP_{GB} = T, \text{ when } \sum_{t=1}^T \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} = 0$$

[0118]

수학식 6

$$B_t = S_t + \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{EG_{GBi}}{(1+d)^t} \times EP_i \right) + \sum_{i=1}^{12} (N_{REC_i} \times REC_i \times w_{REC}) \\ + \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{EG_{GBi}}{(1+d)^t} \right) \times SeoulFIT_t$$

[0119]

수학식 7

$$C_t = IC_t + OMC_t$$

[0120]

수학식 8

$$EG_{GBi} = RSPP_{GBi} \times MSA \times PR$$

[0121]

[0123] 여기서  $ROI_{GB}$  는 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템 용량(kW)당 예상 투자수익률을 의미한다.  $PP_{GB}$  는 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템 용량 당 예상 회수기간을 의미한다.  $B_t$  는 't' 년도에서의 용량 당 발전량으로 인한 수익을 의미한다.  $C_t$  는 't' 년도에서의 용량 당 발전량으로 인한 비용을 의미한다.  $r$  은 실질할인율을 의미한다.  $n$  은 분석 기간을 의미한다.  $S_t$  는 't' 년도에서의 용량 당 정부 보조금 금액을 의미한다.  $EG_{GBi}$  는 'i' 월에서 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템 용량 당 예상 발전량을 의미한다.  $d$  은 옥상 태양광 시스템 저하율을 의미한다.  $EP_i$  는 't' 년도의 kWh 당 전기 요금을 의미한다.  $N_{REC_i}$  은 'i' 월에 발급받은 REC 갯수를 의미한다.  $REC_i$  는 't' 년도에서의 REC 가격을 의미한다.  $w_{REC}$  는 REC 가중치를 의미한다.  $SeoulFIT_t$  은 't' 년도에서의 서울형 발전차액보조금을 의미한다.  $IC_t$  는 't' 년도에서의 옥상 태양광 시스템 설치비를 의미한다.  $OMC_t$  는 't' 년도에서의 유지관리비를 의미한다.  $RSPP_{GBi}$  (kWh/m<sup>2</sup>)는 주어진 건물의 단위 면적당 'i' 월의 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.  $MSA$  (m<sup>2</sup>/kW)는 옥상 태양광 시스템 용량 당 필요한 모듈 면적을 의미한다.  $PR$  은 성능 비율(performance ratio)을 의미한다.

[0125] 본 발명에 따른 S300 단계의 경우, 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300)에서, S100 단계에서 산출된 옥상 태양

광 잠재량에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 산정하고, S200 단계에서 산출된 옥상 태양광 수익성에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 산정하여, 각 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가할 수 있다.

[0127] 발명에서는 옥상 태양광 시스템의 기술적 성능(옥상 태양광 잠재량) 및 경제적 성능(옥상 태양광 수익성: 투자 수익률, 회수 기간)을 기반으로 대상 지역에 위치한 각 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가할 수 있다.

[0129] S300 단계에서는 건물에 따른 기술적 옥상 태양광 적합성을 평가하기 위하여, 수학식 9의 옥상 태양광 잠재량을 기반으로 각 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 산정할 수 있다.

[0131] 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수는 특정 건물에 옥상 태양광 시스템을 설치했을 때의 기술적 성능, 즉 옥상 태양광 잠재량이 다른 건물과 비교하여 얼마나 높은지를 나타내기 위하여, 0에서 100까지의 상대적인 점수로 제시되었다.

[0132] 예를 들어, 만약 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템이 인접 건물로 인한 음영의 방해가 대상 지역 내에서 상대적으로 적어 발전량을 극대화할 수 있다면, 옥상 태양광 기술적 적합도 점수는 100으로 계산될 수 있다.

[0133] 반면, 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템이 인접 건물로 인한 음영 때문에 발전량을 극대화할 수 없다면, 옥상 태양광 기술적 적합도 점수는 100 미만으로 계산되며, 옥상 태양광 잠재량이 줄어들수록 0에 가까워진다.

### 수학식 9

$$Technical\ RSPS\ score_{GB} = \frac{RSPP_{GB} - RSPP_{min}}{RSPP_{max} - RSPP_{min}} \times 100$$

[0135]

[0136] 여기서,  $Technical\ RSPS\ score_{GB}$  (0 - 100)는 주어진 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 의미한다.

$RSPP_{GB}$  ( $kWh/m^2$ )는 주어진 건물의 단위 면적당 연간 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.  $RSPP_{min}$  은 대상 지역의 단위 면적당 최소 연간 옥상 태양광 잠재량을 의미한다.  $RSPP_{max}$  은 대상 지역의 단위 면적당 최대 연간 옥상 태양광 잠재량을 의미한다

[0138] 본 발명에 따른 S300 단계에서는 건물에 따른 경제적 옥상 태양광 적합성을 평가하기 위하여, 수학식 10 및 수학식 11의 옥상 태양광 수익성(예상 투자수익률, 회수기간)을 기반으로 각 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 산정할 수 있다.

[0139] 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수는 특정 건물에 옥상 태양광 시스템을 설치했을 때의 경제적 성능, 즉 옥상 태양광 수익성이 다른 건물과 비교하여 얼마나 높은지를 나타내기 위하여, 0에서 100까지의 상대적인 점수로 제시되었다.

[0141] 예를 들어, 만약 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템이 대상 지역에서 최대의 투자수익률 또는 짧은 회수기간을 달성할 수 있다면, 투자수익률 및 회수기간에 대한 옥상 태양광 경제적 적합도 점수는 100으로 계산될 수 있다.

[0143] 반면, 낮은 발전량으로 인해 예상 투자수익률이 감소하거나, 회수기간이 늘어난다면, 옥상 태양광 경제적 적합도 점수는 100 미만으로 계산되며, 수익성이 줄어들수록 0에 가까워진다.

### 수학식 10

$$Economic\ RSPS\ score_{GB\ for\ ROI} = \frac{ROI_{GB} - ROI_{min}}{ROI_{max} - ROI_{min}} \times 100$$

[0145]

## 수학식 11

$$Economic\ RSPS\ score_{GB}\ for\ PP = \frac{PP_{max} - PP_{GB}}{PP_{max} - PP_{min}} \times 100$$

[0146]

[0147]

여기서,  $Economic\ RSPS\ score_{GB}$  (0 - 100)는 주어진 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 의미한다.  $ROI_{GB}$ 은 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템에 대한 예상 투자수익률을 의미한다.  $ROI_{max}$ 은 대상 지역에서 달성 가능한 건물 옥상 태양광 시스템의 최대 투자수익률을 의미한다.  $ROI_{min}$ 은 대상 지역에서 달성 가능한 건물 옥상 태양광 시스템의 최소 투자수익률을 의미한다.  $PP_{GB}$  (년)는 주어진 건물의 옥상 태양광 시스템에 대한 예상 회수기간을 의미한다.  $PP_{max}$ 는 대상 지역에서 경제성을 확보할 수 있는 건물 옥상 태양광 시스템의 최장 회수기간을 의미한다.  $PP_{min}$ 는 대상 지역에서 달성 가능한 건물 옥상 태양광 시스템의 최단 회수기간을 의미한다.

[0149]

본 발명에 따른 S400 단계의 경우, 옥상 태양광 등급분류 모듈부(400)에서, S300 단계에서 산정된 옥상 태양광 기술적 적합도 점수 및 경제적 적합도 점수를 기반으로, 건물별 옥상 태양광 등급을 분류할 수 있다.

[0151]

합리적이고 과학적인 방법으로 옥상 태양광 등급 시스템을 개발하기 위하여, 두 가지 종류의 군집 분석, 즉 계층적 군집 분석 및 k-평균 알고리즘을 활용하여 건물들을 등급화하였다.

[0152]

즉, 본 발명에 따른 S400 단계는 계층적 군집 분석 및 k-평균 알고리즘을 활용하여 각 건물의 옥상 태양광 등급을 분류할 수 있다.

[0153]

기술적 및 경제적 적합성 기준에 따른 옥상 태양광 등급 시스템을 개발하기 위하여, 계층적 군집 분석 및 k-평균 알고리즘을 각각 활용하여, 적절한 등급 개수 및 간격을 결정할 수 있다.

[0154]

먼저, 계층적 군집 분석을 활용하여, 옥상 태양광 등급 시스템의 적절한 등급 개수를 결정하였다. 계층적 군집 분석은 두 개의 가장 밀접한 군집이 단일 군집이 될 때까지 반복적으로 병합하여 군집 계층 구조를 확립하는 방법이다.

[0155]

따라서, 다른 유형의 군집 분석과는 다르게, 군집 개수가 정해지지 않은 경우에 계층적 군집 분석을 사용할 수 있다.

[0157]

본 발명에 따른 계층적 군집분석은 수학식 12에 따라 유클리드 거리(Euclidean distance)를 활용하여 관측치 사이의 유사도를 측정하며, 수학식 13에 따라 오차 제곱합(SSE; Sum of Squared Error)의 증가를 최소화하는 방향으로 군집을 병합하고 연결하는 워드 연결법(Ward's method)을 활용하여 군집을 계층적으로 형성할 수 있다.

## 수학식 12

$$Ed_{x,y} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

[0158]

## 수학식 13

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{X \in c_i} Ed_{X,c_i}^2$$

[0159]

[0160]

여기서,  $Ed_{x,y}$ 는 관측치 x와 y 사이의 유클리드 거리를 의미한다. SSE는 오차 제곱합을 의미한다. k는 군집(등급) 개수를 의미한다. X는 관측치의 집합을 의미한다.  $c_i$ 는 각 군집의 중심이다.

[0162]

본 발명은 계층적 군집 분석 결과를 기반으로 등급 개수를 결정하기 위하여, k-값을 점점 증가시킬 때, 오차 제

급합이 갑자기 급격하게 감소하는 지점의 k-값이 등급의 최적 개수로 결정되는 엘보우 메소드(Elbow method)가 적용되는 것이 바람직하다.

- [0163] 엘보우 메소드에 의하면, 수학적 식 13에서 k-값을 점점 증가시킬 때, 오차 제곱합이 갑자기 급격하게 감소하는 지점의 k-값이 군집(등급)의 최적 개수로 결정될 수 있다.
- [0165] 본 발명은 엘보우 메소드에 의해 결정된 등급개수를 기반으로, k-평균 알고리즘을 활용하여 옥상 태양광 등급 시스템의 등급 간격을 결정할 수 있다.
- [0166] k-평균 알고리즘은 가장 가까운 중심(일반적으로 평균값)을 갖는 군집에 각 관측치를 할당함으로써, 모든 관측치를 사용자가 지정한 군집 개수(k)로 분류하는 비계층적 군집 분석 방법이다.
- [0167] 본 발명에 있어서, k-평균 알고리즘에 사용된 군집 내 제곱합(within-cluster sum of squares)은 수학적 식 14를 통해 산출될 수 있다.

#### 수학적 식 14

$$WCSS = \arg_s \min \sum_{i=1}^k \sum_{X \in s_i} Ed_{X, \mu_i}^2$$

- [0168] WCSS 는 군집 내 제곱 합을 의미한다. k 는 군집(등급) 개수를 의미한다. X 는 관측치의 집합을 의미한다. s<sub>i</sub> 는 'i' 군집을 의미한다. Ed<sub>X, μ<sub>i</sub></sub> 는 X 와 μ<sub>i</sub> 간의 유클리드 거리를 의미한다. μ<sub>i</sub> 는 각 군집의 중심(평균)을 의미한다.
- [0171] k-평균 알고리즘을 활용하여 옥상 태양광 등급 시스템의 적절한 등급 간격을 결정할 때, 옥상 태양광 시스템 설치로 인해 경제적 타당성을 확보하기 어려운 건물들은 태양광 시스템을 설치하기에 부적합하기 때문에, 가장 낮은 등급으로 분류해야 한다. 따라서, 옥상 태양광 시스템 도입으로 인해 경제적 이익을 보장할 수 없는 부적합한 건물들(투자수익률 1 미만, 회수기간 25년 이상으로 예상되는 건물들)을 k-평균 알고리즘을 활용을 위한 데이터베이스에서 제외하고, 옥상 태양광 등급 시스템의 가장 낮은 등급에 포함시킬 수 있다.
- [0173] 본 발명은 기술적 및 경제적 적합성을 고려하는 건물 옥상 태양광 등급분류 시스템으로 구현될 수 있다. 전술한 건물 옥상 태양광 등급분류 방법과 중복되는 내용은 생략하고, 주요 구성을 제시하면 다음과 같다.
- [0175] 본 발명에 따른 건물 옥상 태양광 등급분류 시스템은 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부(100), 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부(200), 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300) 및 옥상 태양광 등급분류 모듈부(400)를 포함한다.
- [0176] 본 발명에 따른 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부(100)은 기 선정된 건물별로 태양광 시스템이 설치가능한 옥상 면적을 산정하고, 산정된 면적에 태양광 시스템을 설치하였을 때 생산 가능한 발전량을 산정할 수 있다.
- [0177] 본 발명에 따른 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부(200)는 생애주기비용분석을 통해 각 건물의 옥상 태양광 수익성을 계산할 수 있다.
- [0178] 본 발명에 따른 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300)는 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부(100)에서 산출된 옥상 태양광 잠재량에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 기술적 적합도 점수를 산정하고, 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부(200)에서 산출된 옥상 태양광 수익성에 기반하여 각 건물의 옥상 태양광 경제적 적합도 점수를 산정하여, 각 건물의 옥상 태양광 적합성을 평가할 수 있다.
- [0179] 본 발명에 따른 옥상 태양광 등급분류 모듈부(400)는 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300)에서 산정된 옥상 태양광 기술적 적합도 점수 및 경제적 적합도 점수를 기반으로, 건물별 옥상 태양광 등급을 분류할 수 있다.
- [0180] 본 발명에 따른 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부(100)에서 태양광 시스템 설치가 가능한 옥상 면적은 일 건물 전체의 옥상 면적에서 인접 건물로 인한 음영 면적을 제외하고 구하는 것이 바람직하다.
- [0181] 본 발명에 따른 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부(200)의 생애주기비용분석의 분류 항목은 분석 방법, 분석 기간, 분석 시점, 실질할인율, 물가상승률, 비용항목, 수익 항목 및 시스템 저하율을 포함할 수 있다.
- [0182] 본 발명에 따른 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300)는 수학적 식 9를 이용하여 기술적 적합도 점수를 산정할 수

있다.

- [0183] 본 발명에 따른 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부(300)는 수학적 10 및 11을 이용하여 경제적 적합도 점수를 산정할 수 있다.
- [0184] 본 발명에 따른 옥상 태양광 등급분류 모듈부(400)는 계층적 군집 분석 및 k-평균 알고리즘을 활용하여 각 건물의 옥상 태양광 등급을 분류할 수 있다.
- [0186] 또한, 본 발명은 컴퓨터프로그램으로 구현되는 실시에도 가능하다. 본 발명은 하드웨어와 결합되어, 본 발명에 따른 건물 옥상 태양광 등급분류 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램인 것이 바람직하다.
- [0188] 이하에서는, 실시예를 통해 본 발명을 설명하고자 한다.
- [0189] 본 발명을 활용하여, 강남구에 위치한 총 21,681 건물에 대한 옥상 태양광 기술적 및 경제적 적합도 점수를 기반으로 옥상 태양광 등급 시스템을 개발하였다. 옥상 태양광 시스템의 경제적 성능이 설치 목적(자가 소비용 또는 발전 사업용)에 따라 달라질 수 있기 때문에, 옥상 태양광 등급 시스템은 두 가지 목적 모두에 대해 개별적으로 개발되었다.
- [0191] 첫째, 도 3은 서울특별시 강남구(이하, '강남구'로 함)에 위치한 21,681 건물 데이터를 기반으로 계층적 군집 분석 및 엘보우 메소드를 활용하여, 옥상 태양광 등급 시스템에 대한 적절한 등급 개수를 결정한 결과이다. 자가 소비용(좌) 및 발전 사업용(우)으로 옥상 태양광 시스템을 설치하는 경우 모두 등급 개수가 4개를 초과하자 오차 제공함이 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라, 본 발명에서는 강남구에 대한 옥상 태양광 등급 시스템을 4 등급으로 나누는 것으로 결정되었다.
- [0193] 둘째, 강남구에 위치한 21,681 건물 데이터를 기반으로 k-평균 알고리즘을 활용하여, 옥상 태양광 등급 시스템에 대한 적절한 등급 간격을 결정하였다. 표 2는 자가 소비용 및 발전 사업용으로 옥상 태양광 시스템을 설치하는 경우 모두에 대하여, 옥상 태양광 등급 시스템을 4 등급으로 분류한 결과이다.

표 2

설치목적	등급	건물 수	건물 비율	기술적 적합성 기준			경제적 적합성 기준					
				적합도 점수	옥상 태양광 잠재량		적합도 점수	투자수익률	적합도 점수	회수기간		
				중심값	평균	범위	중심값	평균	범위	중심값	평균	범위
자가 소비용	A	7,740	35.70%	82.84	162.15	134.50 초과	71.79	2.44	2.14 초과	91.48	6.97	8.26 초과
	B	7,249	33.43%	82.09	160.68	136.56-195.42	40.30	1.81	1.53-2.14	75.78	10.07	7.99-13.61
	C	4,404	20.31%	68.30	133.95	98.06-153.10	31.58	1.63	1.32-2.15	67.10	11.78	7.96-15.87
	D	2,288	10.55%	50.27	98.98	131.98 미만	8.54	1.11	1.60 미만	36.69	17.77	11.77 미만
발전사업용	A	8,396	38.73%	82.55	161.57	143.92 초과	69.92	1.76	1.55 초과	89.91	7.28	9.17 초과
	B	6,914	31.89%	81.30	159.16	130.47-195.42	34.68	1.38	1.05-1.58	69.34	11.34	8.78-18.48
	C	3,742	17.26%	69.23	135.75	102.98-180.82	18.79	1.20	1.02-1.43	52.24	14.71	10.49-19.55
	D	2,629	12.13%	52.43	103.16	173.72 미만	0.94	0.86	1.12 미만	23.27	20.43	16.75 미만

- [0194]
- [0196] 표 2는 강남구에 위치한 21,681 건물 데이터를 기반으로 k-평균 알고리즘을 활용하여, 옥상 태양광 등급 시스템에 대한 적절한 등급 간격을 결정한 결과이다. 계층적 군집 분석 및 k-평균 알고리즘을 활용하여 개발된 자가 소비용 옥상 태양광 등급 시스템은 다음과 같이 해석할 수 있다.
- [0197] 첫째, 강남구에 위치한 건물의 35.70%인 7,740 건물들이 A 등급에 포함되는 것으로 분석되었으며, 평균적으로 기술적 적합도 점수가 82.84, 투자수익률에 대한 경제적 적합도 점수가 71.79, 그리고 회수기간에 대한 경제적 적합도 점수가 91.48로 나타났다. 이는, 옥상 태양광 잠재량이 162.15 kWh/m<sup>2</sup>, 예상 투자수익률이 2.44, 그리고 예상 회수기간이 6.97년에 해당하는 수치로, 옥상 태양광 시스템 설치로 높은 기술적 및 경제적 성능을 가져다

줄 수 있다는 것을 의미한다.

- [0198] 둘째, 강남구에 위치한 건물의 33.43%인 7,249 건물들이 B 등급에 포함되는 것으로 분석되었으며, 평균적으로 기술적 적합도 점수가 82.09, 투자수익률에 대한 경제적 적합도 점수가 40.30, 그리고 회수기간에 대한 경제적 적합도 점수가 75.78로 나타났다. 이는, 옥상 태양광 잠재량이  $160.68\text{kWh/m}^2$ , 예상 투자수익률이 1.81, 그리고 예상 회수기간이 10.07년에 해당하는 수치로, A 등급에 포함되는 건물들과 비교하여, 옥상 태양광 시스템 설치로 인한 기술적 성능은 비교적 유사한 것으로 나타났으나, 경제적 성능은 낮아진 것으로 나타났다.
- [0199] 셋째, 강남구에 위치한 건물의 20.31%인 4,404 건물들이 C 등급에 포함되는 것으로 분석되었으며, 평균적으로 기술적 적합도 점수가 68.30, 투자수익률에 대한 경제적 적합도 점수가 31.58, 그리고 회수기간에 대한 경제적 적합도 점수가 67.10로 나타났다. 이는, 옥상 태양광 잠재량이  $133.95\text{kWh/m}^2$ , 예상 투자수익률이 1.63, 그리고 예상 회수기간이 11.78년에 해당하는 수치로, 옥상 태양광 시스템 설치로 인한 경제성이 어느 정도 확보되는 것을 알 수 있다.
- [0200] 마지막으로, 강남구에 위치한 건물의 10.55%인 2,288 건물들이 D 등급에 포함되는 것으로 분석되었으며, 기술적 적합도 점수가 50.27, 투자수익률에 대한 경제적 적합도 점수가 8.54, 그리고 회수기간에 대한 경제적 적합도 점수가 36.69로 나타났다. 이는, 옥상 태양광 잠재량이  $98.98\text{kWh/m}^2$ , 예상 투자수익률이 1.11, 그리고 예상 회수기간이 17.77년에 해당하는 수치로, D 등급에 포함되는 건물 중 26.57%인 608 건물들은 25년 이내에 손익분기점을 도달하지 못하는 것으로 분석되었다. 즉, D 등급 건물들은 옥상 태양광 시스템 설치에 적합하지 않은 것으로 간주 될 수 있다.
- [0201] 본 발명에서 제시한 옥상 태양광 등급 시스템을 실제 개별 건물 사례에 적용하면 다음과 같다. 옥상 태양광 잠재량이  $136.57\text{kWh/m}^2$ 인 53번 주거용 건물의 경우, 자가 소비용으로 옥상 태양광 시스템을 설치하고자 하였을 때의 예상 투자수익률이 2.18, 예상 회수기간이 7.82년으로 나타나, A 등급에 해당하는 것으로 분석되었으나, 발전 사업용으로 하였을 때의 예상 투자수익률이 1.47, 예상 회수기간이 9.95년으로 나타나, B 등급에 해당하는 것으로 분석되었다.
- [0202] 이와 비교하여, 옥상 태양광 잠재량이  $188.75\text{kWh/m}^2$ 인 21,368번 상업용 건물의 경우, 자가 소비용으로 옥상 태양광 시스템을 설치하고자 하였을 때의 예상 투자수익률이 2.01, 예상 회수기간이 8.60년으로 나타나, 기술적 적합도는 매우 높으나, 자가 소비용 옥상 태양광 등급 시스템에서 A 등급에 해당하는 다른 건물들과 비교하여 상대적으로 경제적 적합도가 낮아, B 등급에 해당하는 것으로 분석되었다. 반면, 21,368번 상업용 건물에 발전 사업용으로 옥상 태양광 시스템을 설치하고자 하였을 때의 예상 투자수익률이 1.55, 예상 회수기간이 9.09년으로 나타나, 발전 사업용 옥상 태양광 등급 시스템에서 A 등급에 해당하는 수준의 경제적 적합도를 보여, A 등급에 해당하는 것으로 분석되었다.
- [0203] 이와 같이, 본 발명에서 제시한 옥상 태양광 등급 시스템을 사용한다면, 실제 개별 건물이 옥상 태양광 시스템을 설치하는 데 얼마만큼 적합한지 등급 체계(예: A-D 등급)를 활용하여 직관적으로 파악할 수 있으며, 옥상 태양광 시스템 설치에 대한 의사결정을 도와줄 수 있을 것이다.
- [0205] 도 4는 분류 방법에 따른 옥상 태양광 등급 시스템의 분석 결과로, 등분위(Quantile), 등간격(Equal Interval) 그리고 k-평균 알고리즘을 활용하여 개발한 옥상 태양광 등급 시스템의 차이를 확인할 수 있다.
- [0207] 첫째, 등분위 분류 방법을 활용하여 옥상 태양광 등급 시스템을 개발하는 경우, 건물의 수 측면에서는 각 등급이 균등하게 배분되었지만, 기술적 적합도 점수가 높은 건물이 낮은 옥상 태양광 등급에 포함되는 경향을 보였다. 도 4에서 볼 수 있듯이, 비슷한 기술적 적합도 점수를 가진 건물들(71.36-100)이 서로 다른 등급(A-C 등급)에 배치되었으며, 기술적 적합도 점수에 큰 차이를 보인 건물들(0-71.36)이 같은 등급(D 등급)에 배치되었다.
- [0208] 이는, 등분위 분류 방법을 활용하여 옥상 태양광 등급 시스템을 개발하게 되면, 높은 기술적 적합도 점수를 가진 건물들을 하향 평균화시킴으로써, 편향된 등급 체계를 도출할 수 있음을 나타낸다.
- [0210] 둘째, 등간격 분류 방법을 활용하여 옥상 태양광 등급 시스템을 개발하는 경우, 기술적 적합도 점수 측면에서는 각 등급이 균등하게 배분되었지만, 대부분의 건물이 높은 옥상 태양광 등급에 포함되는 경향을 보였다. 도 4에서 볼 수 있듯이, 강남구에 위치한 건물의 95.72%가 상위 등급(A-B 등급)에 배치되었으며, 나머지 4.28%만이 하

위 등급(C-D 등급)에 배치되었다.

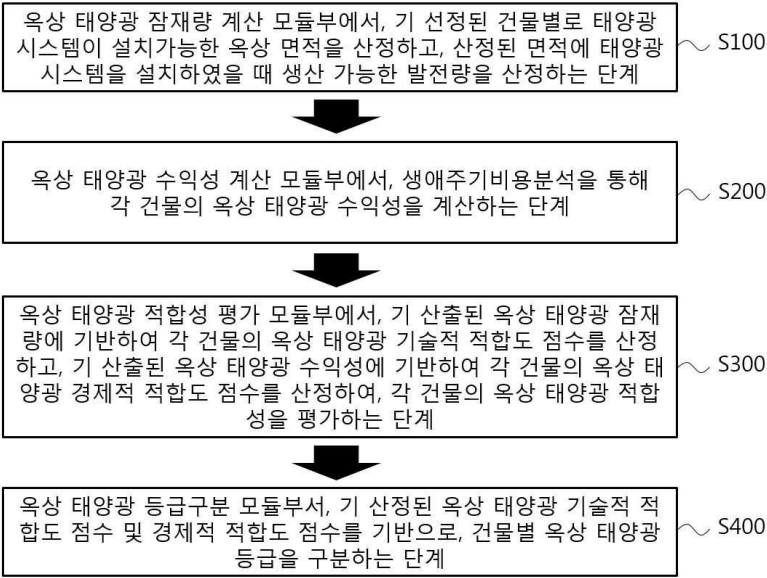
- [0211] 이는, 등간격 분류 방법을 활용하여 옥상 태양광 등급 시스템을 개발하게 되면, 낮은 기술적 적합도 점수를 가진 건물들을 상향 평준화시킴으로써, 편향된 등급 체계를 도출할 수 있음을 나타낸다.
- [0213] 셋째, k-평균 알고리즘을 활용하여 옥상 태양광 등급 시스템을 개발하는 경우, 같은 등급에 포함된 건물의 기술적 적합도 점수가 유사하도록 조정되었다. 도 4에서 볼 수 있듯이, k-평균 알고리즘을 활용하는 경우, 등분위 분류 방법을 활용하는 경우에서 보였던 기술적 적합도 점수 측면에서의 편향된 등급 체계가 개선되었다. 뿐만 아니라, 등간격 분류 방법을 활용하는 경우에서 보였던 건물의 수 측면에서의 편향된 등급 체계도 개선되었다.
- [0214] 이는, 본 발명에서 제안한 방법 인 k-평균 알고리즘이 등급 내 건물의 기술적 적합도 점수의 유사도에 따라 적절하게 등급 간격을 조정함으로써, 옥상 태양광 등급 시스템이 개선되었음을 나타낸다.
- [0216] 도 5 내지 도 7은 옥상 태양광 등급 시스템을 개발할 때, 기술적 적합성 또는 경제적 적합성 기준 중 한 가지만을 고려한 경우와 본 발명이 제시하는 바와 같이 기술적 및 경제적 적합성 기준을 모두 고려한 경우를 비교한 것이며, 그 결과는 다음과 같다. 도 5 및 도 6에 나타난 바와 같이, 기술적 적합성 또는 경제적 적합성 기준 중 한 가지만을 고려하여 옥상 태양광 등급 시스템을 개발한 경우, 다른 적합성 기준에 따라 건물을 명확하게 분류해 주지 못하는 것을 볼 수 있다.
- [0217] 반면에, 도 7에 나타난 바와 같이, 기술적 및 경제적 적합성을 모두 고려하여 옥상 태양광 등급 시스템을 개발한 경우, 옥상 태양광 잠재량, 예상 투자수익률 및 회수기간에 따라 명확하게 분류하여 옥상 태양광 등급을 제시할 수 있다.
- [0219] 본 명세서에서 설명되는 실시예와 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 예시적으로 설명하는 것에 불과하다. 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이므로, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아님은 자명하다. 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형예와 구체적인 실시 예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

### 부호의 설명

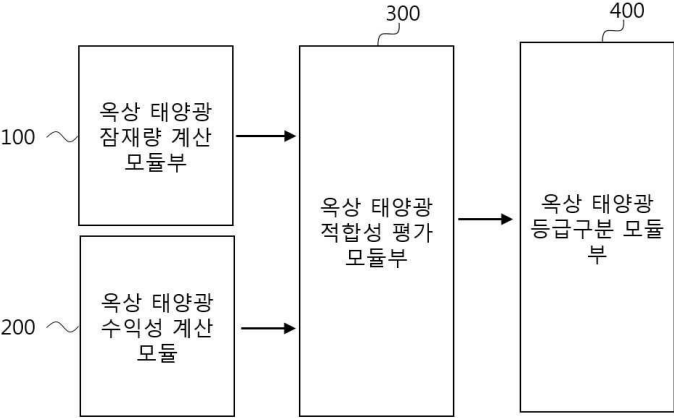
- [0220] 100 : 옥상 태양광 잠재량 계산 모듈부  
200 : 옥상 태양광 수익성 계산 모듈부  
300 : 옥상 태양광 적합성 평가 모듈부  
400 : 옥상 태양광 등급분류 모듈부

도면

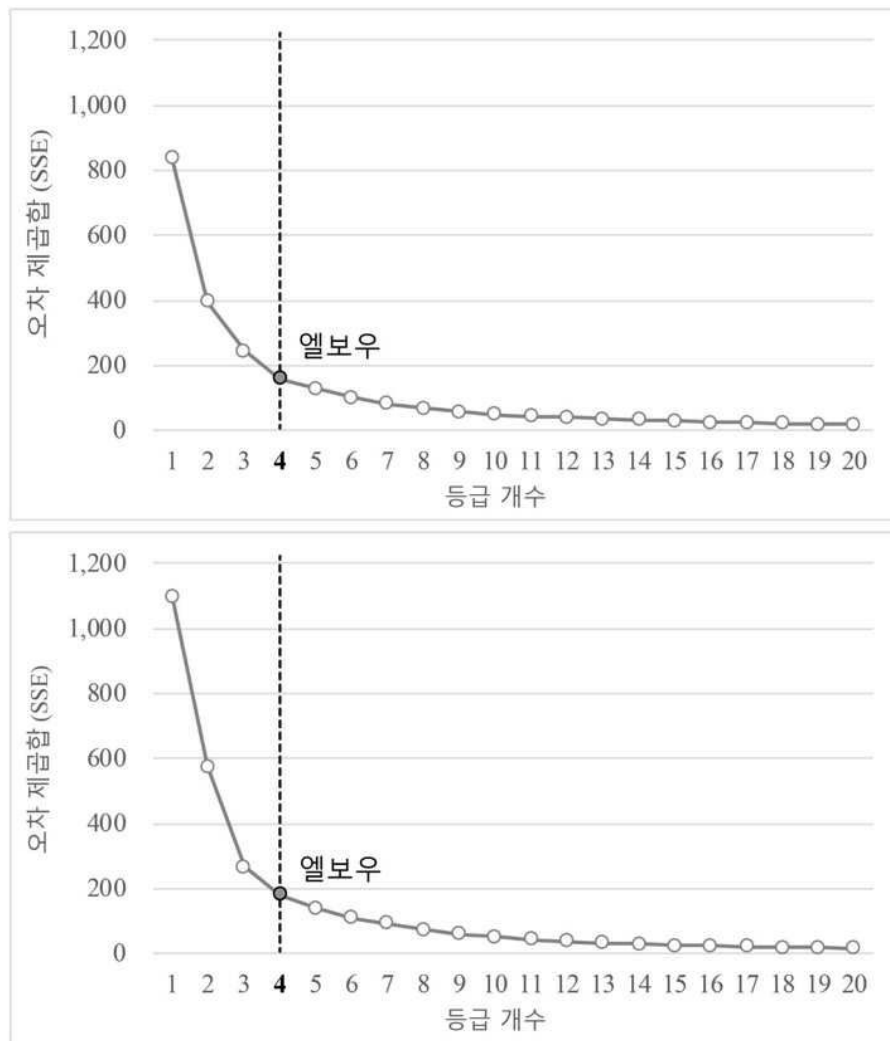
도면1



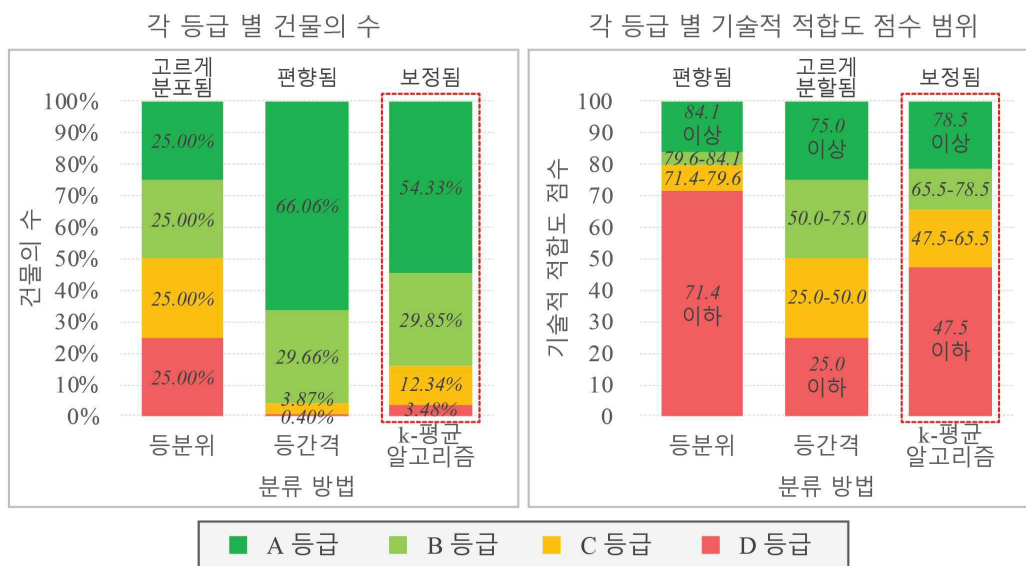
도면2



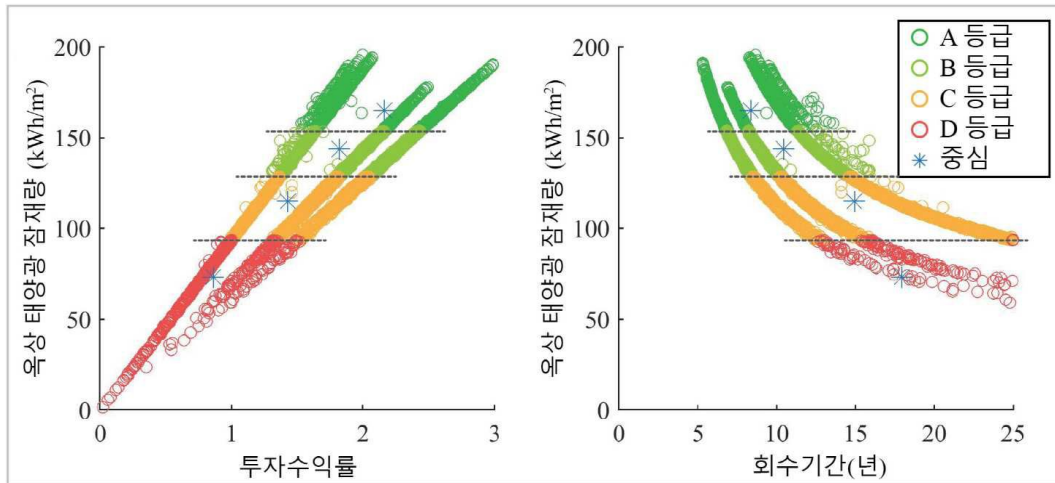
도면3



도면4

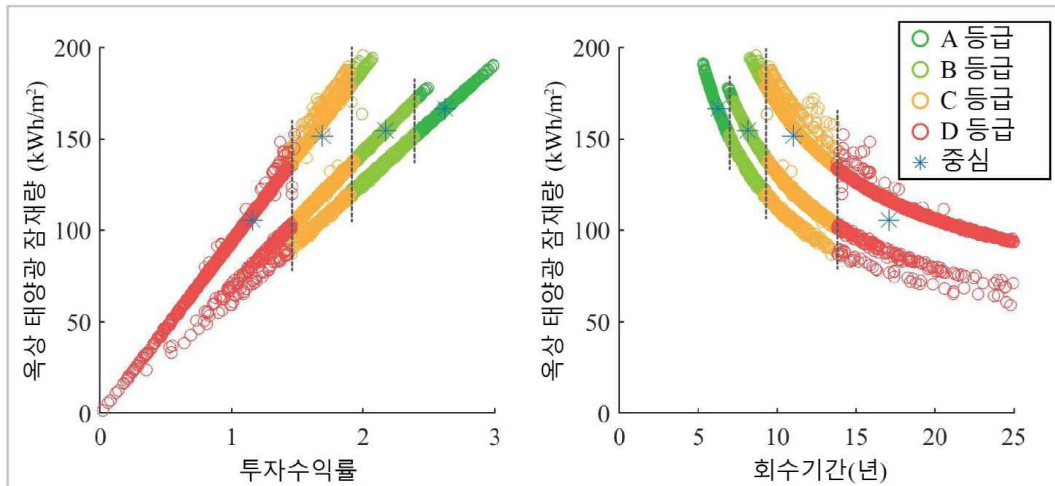


도면5



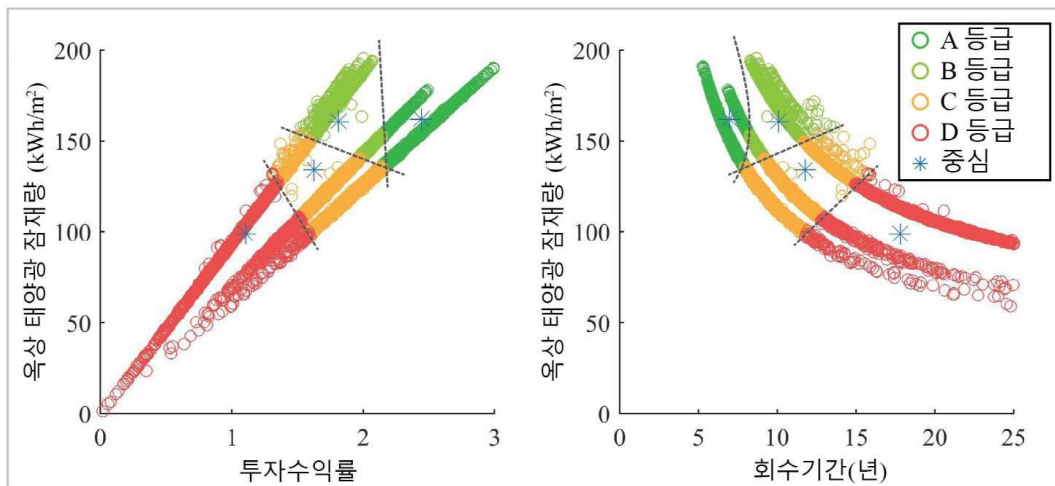
기술적 적합성 기준만을 고려한 등급구분

도면6



경제적 적합성 기준만을 고려한 등급구분

도면7



기술적 및 경제적 적합성 기준을 모두 고려한 등급구분